

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3536497 A1

(51) Int. Cl. 4:

G 11 B 7/08

G 11 B 7/135

G 02 B 5/18

G 02 B 6/12

G 02 B 6/26

G 02 B 7/00

(21) Aktenzeichen: P 35 36 497.1  
(22) Anmeldetag: 12. 10. 85  
(23) Offenlegungstag: 17. 4. 86

Behördeneigentum

DE 3536497 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)  
16.10.84 JP 218751/84 10.04.85 JP 75877/85

(71) Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
(74) Vertreter:  
Eisenführ, G., Dipl.-Ing.; Speiser, D., Dipl.-Ing.;  
Rabus, W., Dr.-Ing.; Ninnemann, D., Dipl.-Ing.;  
Brügge, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 2800 Bremen

(72) Erfinder:

Fujita, Teruo; Kono, Keizo; Kondo, Mitsuhige;  
Shikama, Shinsuke, Nagaokakyo, Kyoto, JP

BEST AVAILABLE COPY

(54) Vorrichtung zur Erfassung von Fokussierungsfehlern in einer Kopfanordnung für optische Scheiben

Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers in einer Kopfanordnung zur Aufzeichnung von Informationen auf einer Aufzeichnungsfläche einer optischen Scheibe oder zum Auslesen bereits aufgezeichneter Informationen. Die Vorrichtung zur Erfassung des Fokussierungsfehlers enthält ein Beugungsgitter, das Licht, das von einer Lichtquelle in eine Dünnfilm-Wellenleiterschicht abgegeben wurde, auf die Aufzeichnungsfläche fokussiert, sowie zwei Lichtempfangs-Beugungsgitter, die das von der Aufzeichnungsfläche reflektierte Licht erneut in die Wellenleiterschicht leiten. Die beiden Lichtempfangs-Beugungsgitter weisen optische Eigenschaften auf, die voneinander abweichen und von der Lage eines fokussierten Flecks des auf die Aufzeichnungsfläche mittels des Fokussierungs-Beugungsgitters fokussierten Lichts abhängen. Durch Vergleich der Lichtintensität von einem Lichtempfangs-Beugungsgitter mit der des anderen Lichtempfangs-Beugungsgitters kann die Stellung des fokussierten Flecks in bezug auf die Aufzeichnungsfläche abgeleitet werden.

DE 3536497 A1

EISENFÜHR & SPEISER  
Patentanwälte • European Patent Attorneys

3536497

Unser Zeichen: M 982

Anmelder/Inh.: Mitsubishi Denki...

Aktenzeichen: Neu anmeldung

Datum: 9. Oktober 1985

Patentanwälte

Dipl.-Ing. Günther Eisenführ  
Dipl.-Ing. Dieter K. Speiser  
Dr.-Ing. Werner W. Rabus  
Dipl.-Ing. Detlef Ninnemann  
Dipl.-Ing. Jürgen Brügge

MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA, 2-3, Marunouchi  
2 chome Chiyoda-ku, Tokyo 100, Japan

Vorrichtung zur Erfassung von Fokussierungsfehlern in  
einer Kopfanordnung für optische Scheiben

A n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zur Erfassung von Fokussierungsfehlern  
in einer Kopfanordnung für eine optische Scheibe mit  
optischen Wellenleitern, die durch einen Dünnfilm zur  
Leitung des von einer Lichtquelle abgegebenen Lichts ge-  
bildet sind, einem fokussierenden Beugungsgitter, das  
auf der Dünnfilm-Wellenleiterschicht vorgesehen ist und  
das durch die Wellenleiterschicht sich fortpflanzende  
Licht gegen eine Informationsaufzeichnungsfläche der op-  
tischen Scheibe richtet und es auf die Informationsauf-  
zeichnungsfläche fokussiert,

DN/em

gekennzeichnet durch ein erstes und zweites Lichtempfangs-Beugungsgitter (14, 18), die das von der Informationsaufzeichnungsfläche (7) reflektierte Licht erneut in die Dünnfilm-Wellenleiterschicht (2) leiten; einen ersten Fotodetektor (16), der das in die Dünnfilm-Wellenleiterschicht (2) über das erste Lichtempfangs-Beugungsgitter (14) eingeführte Licht empfängt und ein erstes elektrisches Signal erzeugt, das proportional zur Lichtintensität ist; und einen zweiten Fotodetektor (20), der das in die Dünnfilm-Wellenleiterschicht (2) über das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter (18) eingeführte Licht empfängt und ein zweites elektrisches Signal erzeugt, das proportional zur Lichtintensität ist, wobei das erste Lichtempfangs-Beugungsgitter (14) solche optische Eigenschaften aufweist, daß der Wirkungsgrad der Umwandlung in einen geführten Strahl maximal wird, wenn sich ein fokussierter Fleck des von dem fokussierenden Beugungsgitter fokussierten Lichts in einer von der Informationsaufzeichnungsfläche (7) entfernten Stelle befindet und wobei das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter solche optische Eigenschaften aufweist, daß der Wirkungsgrad der Umwandlung in einen geführten Strahl maximal wird, wenn sich ein fokussierter Fleck in einer Stellung befindet, die näher als die Informationsaufzeichnungsfläche ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten  
Lichtempfangs-Beugungsgitter (14, 18) auf einer Ober-  
fläche der Dünnfilm-Wellenleiterschicht (2) ausgebildet  
sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß das erste und zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter (14, 18) auf beiden Oberflächen der Dünnfilm-Wellenleiterschicht (2) ausgebildet sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter (14, 18) Beugungsgitter des Relieftyps sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter (14, 18) in der Dünnfilm-Wellenleiterschicht (2) mittels einer Brechungsindex-Verteilungstechnik ausgebildet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Substrat (3) zur Unterstützung der Dünnfilm-Wellenleiterschicht (2) vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der beiden Lichtempfangs-Beugungsgitter (14, 18) in einer Grenzschicht der Dünnfilm-Wellenleiterschicht und des Substrates vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat aus einem Halbleitermaterial wie Si oder GaAs gebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Fotodetektoren aus

einer in dem Substrat integrierten Photodiode gebildet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle aus einem integrierten Zweifach-Führungs-Laser besteht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle in Berührung mit einer Endfläche der Dünnfilm-Wellenleiterschicht befestigt ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Fotodetektoren an einer Endfläche der Dünnfilm-Wellenleiterschicht befestigt sind.

B e s c h r e i b u n g

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Erfassung von Fokussierungsfehlern in einer Kopfanordnung für eine optische Scheibe mit optischen Wellenleitern, die durch einen Dünnfilm zur Leitung des von einer Lichtquelle abgegebenen Lichts gebildet sind, einem fokussierenden Beugungsgitter, das auf der Dünnfilm-Wellenleiterschicht vorgesehen ist und das durch die Wellenleiterschicht sich fortpflanzende Licht gegen eine Informationsaufzeichnungsfläche der optischen Scheibe richtet und es auf die Informationsaufzeichnungsfläche fokussiert. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Erfassung von Fokussierungsabweichungen in einem optischen Kopf, der von optischen Wellenleitern Gebrauch macht.

In den Fig. 1(a) und (b) ist der Aufbau eines aus der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 130448/83 bekannten optischen Aufnehmers dargestellt, der von einem optischen Wellenleiter Gebrauch macht. Der optische Aufnehmer weist eine Lichtquelle 1, d.h. einen Halbleiterlaser, und eine optische Wellenleiterschicht 2 auf, die aus einem dielektrischen Dünnfilm auf einem Substrat 3 besteht. Ein von der Lichtquelle 1 ausgesandter, geführter Lichtstrahl pflanzt sich durch die optische Wellenleiterschicht 2 fort in den freien Raum und wird mittels eines ersten Beugungsgitters 5 zu einem fokussierten Fleck 6 zusammengefaßt. Mit der Bezugsziffer 7 ist ein Informationsaufzeichnungsmedium, beispielsweise eine optische Scheibe bezeichnet, während die Be-

zugsziffer 8 ein zweites Beugungsgitter bezeichnet, das auf der Rückseite des Substrates 3 vorgesehen ist und einen von einer Informationsaufzeichnungsfläche 9 des Informationsaufzeichnungsmediums 7 reflektierten Strahl zu einem Photodetektor 10 leitet. Mit der Bezugsziffer 11 ist eine konvergierende sphärische Welle bezeichnet.

Das erste Beugungsgitter 5 dient dazu, einen sich durch die optische Dünnfilm-Wellenleiterschicht 2 fortpflangenden, geführten Strahl 4 in die konvergierende sphärische Welle 11 an der Stelle des fokussierten Flecks 6 umzuwandeln. Das Muster des Beugungsgitters 5 wird durch die Phasendifferenz zwischen der konvergierenden sphärischen Welle 11 auf der Dünnfilm-Wellenleiterschicht 2 und dem geführten Strahl 4 auf derselben Schicht bestimmt. Das Beugungsgitter 5 wird als fokussierender Beugungskoppler (focusing grating coupler; FGC) mit Bezugnahme auf seine Funktion benannt und in der Literaturstelle Heitmann et al "Calculation and Experimental Verification of Two-Dimensional Focusing Grating Coupler", IEEE Journal of Quantum Electronics, QE-17, Seiten 1257-1263 (1981), sowie in der Literaturstelle Matsuoka, Suhara, Nishihara und Koyama, "Focusing Grating Coupler by Electron Beam Drawing", Research Meeting Report MW83-88, Institute of Electronics and Communication Engineers of Japan, Seiten 47-54 (1983) näher erläutert. Ein Teil des von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 reflektierten Lichts gelangt durch die Dünnfilm-Wellenleiterschicht 2 und das Substrat 3 und erreicht die Rückseite des Substrats. Das zweite Beugungsgitter 8 weist die Funktion sowohl einer zylindrischen Linse als auch einer konver-

gierenden Linse auf und bewirkt einen Astigmatismus auf der übertragenen Wellenfront. Diese Beugungsgitterlinse ist von den Erfindern der japanischen Offenlegungsschrift 130448/83 in der Literaturstelle Applied Physics Society Biannual Meeting - Draft Lectures, 26p-s-5, Seite 170 (Herbst 1983) näher beschrieben worden. Wie den Figuren zu entnehmen ist, wird ein mit einer Randunschärfe versehener reflektierter Strahl 12 zum Photodetektor 10 geleitet, wobei ein Fokussierungsfehler und ein Spurabweichungsfehler mittels einer Astigmatismusmethode sowie eines Gegentaktverfahrens, das von einer Zweiteilung des Strahles Gebrauch macht, erfaßt werden kann.

Somit wird in der in Fig. 1 dargestellten optischen Kopfanordnung die Verarbeitung eines Fokussierungsfehlers des reflektierten Strahles sowie die Erfassung einer Spurabweichung mittels des Photodetektors 10 durchgeführt, der räumlich von der optischen Wellenleiterschicht 2 entfernt angeordnet ist. Demzufolge ist es erforderlich, den Photodetektor 10 dreiachsig auszurichten, was es unmöglich macht, die Größe des optischen Kopfes zu verringern.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Erfassung von Fokussierungsfehlern zu schaffen, mittels der eine Ausrichtung der optischen Achse für einen Fokussierungsfehler-Detektor erleichtert wird, und die eine Verringerung der Größe und Dicke eines optischen Kopfes ermöglicht und geeignet ist für einen optischen Kopf, der von einem optischen Wellenleiter Gebrauch macht.

Die Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers gemäß der vorliegenden Erfindung weist mindestens zwei Beugungsgitter zum Empfang eines reflektierten Lichtstrahles von einer Informationsfläche auf und führt den reflektierten Lichtstrahl erneut in eine Dünnfilm-Wellenleiterschicht, auf oder innerhalb der Wellenleiterschicht oder auf einer Grenzschicht zwischen der Wellenleiterschicht und einem Substrat, wobei ein einen Fokussierungsfehler erfassender und ein Signalerfassungs-Fotodetektor in der Dünnfilm-Wellenleiterschicht oder an einer Endfläche derselben Schicht angeordnet ist.

Da beim Gegenstand der vorliegenden Erfindung der Fotodetektor in der Dünnfilm-Wellenleiterschicht oder an einem an einer Endfläche derselben Schicht angeordnet ist, ist es möglich, eine Verringerung der Größe und Dicke eines optischen Kopfes zu erzielen und eine optische Achsenausrichtung des Fotodetektors zu vereinfachen, da der Fotodetektor, die Beugungsgitter usw. auf demselben Substrat ausgebildet werden können.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers zu schaffen, mit der eine optische Achsenausrichtung eines Fokussierungsfehlerdetektors erleichtert werden kann, die eine Verringerung der Größe und Dicke eines optischen Kopfes ermöglicht und die für einen optischen Kopf geeignet ist, der von optischen Wellenleitern Gebrauch macht und die in der Lage ist, ein korrektes Fokussierungsfehlersignal abzugeben, selbst wenn eine Änderung in der Intensitätsverteilung in einem Abschnitt eines von einer Informationsaufzeich-

nungsfläche reflektierten Strahles auftritt.

Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung wird mit der Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers bei einer vertikalen Verschiebung eines mittels eines fokussierenden Beugungsgitters fokussierten Flecks eines Lichtstrahles in Bezug auf eine Informationsaufzeichnungsfläche ein von der Informationsaufzeichnungsfläche reflektierter Strahl in einen geführten Strahl mit einer maximalen Umwandlungsgüte mittels eines von zwei Lichtempfangs-Beugungsgittern, die gegenüberliegend auf der Oberfläche und der Rückseite einer Wellenleiterschicht angeordnet sind, die durch einen Dünnfilm gebildet ist, umgewandelt, wobei die Erfassung eines Fokussierungsfehlers auf der Grundlage dieses Führungsstrahles mittels eines Fotodetektors durchgeführt wird, der in der Dünnfilm-Wellenleiterschicht vorgesehen ist.

Da beim Gegenstand der vorliegenden Erfindung zwei Beugungsgitter zum Empfang eines reflektierten Lichtstrahles von einer Informationsfläche und ein Fotodetektor zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers auf der Grundlage eines von jedem der beiden Beugungsgitter geführten Strahles integral in einem optischen Dünnfilm-Wellenleiter angeordnet sind, ist es möglich, eine Reduzierung der Größe und Dicke eines optischen Kopfes zu erzielen und einen Halbleiterlaser, Fotodetektor und Beugungsgitter auf demselben Substrat auszubilden, wodurch die optische Achsenausrichtung des Fotodetektors erleichtert wird und ein korrektes Fokussierungsfehler-Signal erzielt werden kann, selbst wenn eine Änderung in der Intensitätsverteilung in einem Abschnitt eines

reflektierten Lichtstrahles auftritt.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels soll der der Erfindung zugrundeliegende Gedanke näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1(a) eine perspektivische Ansicht und

Fig. 1(b) eine Seitenansicht einer optischen Anordnung einer bekannten Kopfanordnung für eine optische Scheibe;

Fig. 2(a) eine perspektivische Ansicht einer optischen Kopfanordnung einer Kopfanordnung für eine optische Scheibe gemäß der vorliegenden Erfindung und

Fig. 2(b) ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Verarbeitung der Ausgangssignale zweier Fotodetektoren in der Kopfanordnung gemäß Fig. 2(a);

Fig. 3 eine Seitenansicht auf einen zwischen der Kopfanordnung gemäß Fig. 2(a) und einer Informationsaufzeichnungsfläche verlaufenden Lichtstrahlpfades, dessen fokussierter Fleck auf der Aufzeichnungsfläche liegt;

Fig. 4(a) eine der Fig. 3 ähnliche Ansicht, bei der der fokussierte Fleck nicht mit der Aufzeichnungsfläche zusammenfällt und

Fig. 4(b) eine Draufsicht auf das Format zweier Beugungsgitter zum Empfang des reflektierten Lichts;

Fig. 5(a) Darstellungen der Umwandlungsgüte in Be-  
bis 5(c) zug auf Positionsänderungen eines fo-  
kussierten Flecks in der Gestalt von  
Punktdichten;

Fig. 6(a) Kurvenverläufe zur Darstellung der Bezie-  
und 6(b) hung zwischen der Größe der Abweichung  
des fokussierten Flecks und des Ausgangs-  
pegels zweier Lichtempfangselemente;

Fig. 7 einen Kurvenverlauf zur Darstellung der  
Änderungen des Ausgangssignalpegels eines  
Differenzverstärkers gemäß Fig. 2(b) in  
Bezug auf Änderungen der Lage eines fo-  
kussierten Flecks;

Fig. 8 eine der Darstellung gemäß Fig. 3 ähn-  
liche Darstellung, in der eine optische  
Scheibe mit einer transparenten Schutz-  
schicht versehen ist, die auf der Auf-  
zeichnungsfläche ausgebildet ist;

Fig. 9(a) eine Draufsicht auf einen Teil einer Kopf-  
anordnung mit zwei Fotodetektoren, die in  
einem optischen Wellenleiter angeordnet  
sind, der durch einen Dünnpfilm gebildet  
ist und

Fig. 9(b) einen Querschnitt durch die Kopfanordnung  
gemäß Fig. 9(a);

Fig. 10(a) eine perspektivische Ansicht einer  
weiteren erfindungsgemäßen Kopfanordnung,  
Fig. 10(b) eine teilweise geschnittene Ansicht der

perspektivischen Darstellung gemäß Fig. 10(a) und

Fig. 10(c) eine perspektivische Ansicht einer Kopfanordnung, in der die Wellenleiterschicht teilweise entfernt ist, um ein zweites Beugungsgitter erkennbar zu machen;

Fig. 11(a) eine Seitenansicht zur Darstellung der Beziehung zwischen einem fokussierten Fleck eines FGC und eines Lichtfortpflanzungspfades sowie

Fig. 11(b) eine Draufsicht auf die Darstellung gemäß Fig. 11(a);

Fig. 12(a) eine der Darstellung gemäß Fig. 11(a) ähnliche Darstellung mit der Ausnahme, daß die Relation Aufzeichnungsfläche-fokussierter Fleck unterschiedlich ist und

Fig. 12(b) Draufsichten zur Darstellung der Wirkungen der Umwandlung mittels zweier Lichtempfangsbeugungsgitter in dem Zustand gemäß Fig. 12(a);

Fig. 13(a)-(c), 14(a)-(c), 15(a)-(c) und 16(a)-(c) der Darstellung gemäß Fig. 12(a)-(c) ähnliche Darstellungen zur Erläuterung der Beziehungen zwischen der Aufzeichnungsfläche und dem fokussierten Fleck, die sich von der Darstellung gemäß Fig. 12(a) unterscheiden;

Fig. 17 eine graphische Darstellung zur Erläuterung der Positionen divergenter Mittel-

punkte der reflektierten Lichtstrahlen in den in den Fig. 12 bis 16 dargestellten Zuständen;

Fig. 18(a) Kurvenverläufe zur Erläuterung der Be- und 18(b) ziehungen zwischen Abweichungen des fo- kussierten Flecks und den Fotodetektoraus- gängen;

Fig. 19 einen Kurvenverlauf zur Erläuterung der Charakteristik eines Differenzialausgangs zweier Fotodetektoren;

Fig. 20 eine der Darstellung gemäß Fig. 11 ähn- liche Seitenansicht, in der eine optische Scheibe mit einer transparenten Schutz- schicht versehen ist;

Fig. 21(a) eine Draufsicht auf einen Teil einer Vor- rrichtung zur Erfassung eines Fokussie- rungsfehlers gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und

Fig. 21(b) einen Querschnitt durch die Anordnung ge- mäß Fig. 21(a); und

Fig. 22(a) eine perspektivische Ansicht eines Teiles einer weiteren Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers gemäß der vor- liegenden Erfindung und

Fig. 22(b) einen Querschnitt durch die Vorrichtung gemäß Fig. 22(a).

Der in den Fig. 2(a) und (b) dargestellte Aufbau einer Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung enthält mit den Bezugsziffern 1 bis 7 und 11 Bauteile, die denen der bekannten Vorrichtung gemäß Fig. 1 entsprechen. Mit der Bezugsziffer 101 ist ein Informations-Pit bezeichnet, das auf einer Informationsaufzeichnungsfläche 9 ausgebildet ist; die Bezugsziffer 13 bezeichnet einen von der Informationsaufzeichnungsfläche reflektierten Lichtstrahl; die Bezugsziffer 14 bezeichnet ein Lichtempfangs-Beugungsgitter, das einen Teil des reflektierten Strahles 13 erneut in einen geführten Strahl 15 umwandelt und ihn zu einem Lichtempfangselement 17 eines zweigeteilten Fotodetektors 16 führt; und die Bezugsziffer 18 bezeichnet ein Lichtempfangs-Beugungsgitter, das den verbleibenden Teil des reflektierten Strahles 13 in einen geführten Strahl 19 umwandelt und ihn zu einem anderen Lichtempfangselement 20 leitet. Die optischen Eigenschaften des Beugungsgitters 14 sind so ausgebildet, daß, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 unterhalb des fokussierten Flecks 6 verläuft, der Wirkungsgrad der Umwandlung von dem reflektierten Strahl 13 in den geführten Strahl 15 zu einem Maximum wird, während die optischen Eigenschaften des Beugungsgitters 18 im Gegensatz zu denen des Beugungsgitters 14 so ausgebildet sind, daß, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 oberhalb des fokussierten Flecks 6 verläuft, die Umwandlungsgüte bzw. der Wirkungsgrad der Umwandlung von dem reflektierten Strahl 13 in den geführten Strahl 19 zu einem Maximum wird. Wie der Darstellung gemäß Fig. 2(b) zu entnehmen ist, wird ein Differenzverstärker 22 verwendet, um ein differentielles Ausgangssignal zwischen den Ausgängen

der Lichtempfangselemente 17 und 20 zu erhalten, woraus ein Fokussierungsfehlersignal  $E_f$  resultiert. Darüber hinaus ist die Dünnpfilm-Wellenleiterschicht 2 mit einer Aussparung 21 versehen, die dazu dient, den Teil des geführten Strahles, der nicht mittels des Beugungsgitters 5 in eine konvergierende sphärische Welle 11 umgewandelt wurde, daran zu hindern, in die Wellenleiterschicht auf der Lichtempfangsseite einzutreten.

Nachstehend sollen die Formen der Lichtempfangs-Beugungsgitter 14 und 18 unter Bezugnahme auf die Darstellungen gemäß den Fig. 3 und 4 näher erläutert werden. Fig. 3 zeigt die Erscheinungsform eines Lichtstrahles ohne einen Fokussierungsfehler, bei der die aus der Wellenleiterschicht 2 mittels des Beugungsgitters 5 herausgenommene konvergierende sphärische Welle 11 zu dem fokussierten Fleck 6 fokussiert und dann von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 zu einer divergierenden sphärischen Welle 13 reflektiert wird. Beträgt der Winkel zwischen einem Ursprungsstrahl 23 der konvergierenden sphärischen Welle 11 und einer auf der Wellenleiterschicht 2 errichteten Normalen  $\psi$  so beträgt der Abstand zwischen der Wellenleiterschicht 2 und der Informationsaufzeichnungsfläche 9  $f \cos \psi$ , und falls die Wellenleiterschicht 2 und die Informationsaufzeichnungsfläche 9 parallel zueinander verlaufen und ein Punkt 24, auf den der Ursprungsstrahl 23 erneut auf der Wellenleiterschicht 2 auftrifft, nachdem er von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 reflektiert wurde, als Koordinatenursprung dient, so können die Koordinaten des fokussierten Flecks 6 als  $P(0, -f \sin \psi, f \cos \psi)$  und die Phase  $\phi_1$  der divergenten sphärischen Welle 13

auf der Wellenleiterschicht 2 durch die Gleichung

$$\phi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{x^2 + (y + f \sin \psi)^2 + (f \cos \psi)^2} \quad \dots(1)$$

bestimmt werden, wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der Lichtquelle in Luft ist.

Demgegenüber zeigt Fig. 4(a) den Zustand des Lichtstrahles bei Auftreten eines Fokussierungsfehlers. Wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 wie dargestellt oberhalb des fokussierten Flecks 6 in einer Entfernung  $\Delta_1 (> 0)$  entfernt angeordnet ist, so kann ein von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 reflektierter Lichtstrahl 26 als eine sphärische Welle ausgedrückt werden, die von einem Punkt  $P'(0, -f \sin \psi, f \cos \psi + 2\Delta_1)$  divergiert. Demzufolge beträgt die Phase  $\phi_1'$  des reflektierten Lichtstrahles 26 auf der Wellenleiterschicht 2:

$$\phi_1' = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{x^2 + (y + f \sin \psi)^2 + (f \cos \psi + 2\Delta_1)^2} \quad \dots(2)$$

Wenn die Phase des einzukoppelnden, geführten Strahles 19  $\phi_2(x, y)$  beträgt, gibt eine Kurvenschar, die der folgenden Gleichung genügt, eine zweidimensionale Form des Beugungsgitters 18 vor:

$$\Delta\phi = \phi_1' - \phi_2 = 2 \frac{\pi}{m\pi} + \text{constant} \quad (m: \text{ganze Zahl}) \quad \dots(3)$$

Das Beugungsgitter 18 erregt den geführten Strahl 19 sehr stark, wenn die divergierende sphärische Welle 26

vom Punkt  $P'$  auf das Gitter auftrifft (ein Element zum Umwandeln eines sich im Raum fortpflanzenden Lichtstrahles in einen geführten Strahl unter Verwendung eines Beugungsgitters ist in einigen Literaturstellen beschrieben und an sich bekannt). Die Form des Beugungsgitters 14 wird dadurch erhalten, daß man  $\Delta_1$  durch  $-\Delta_1$  ersetzt, so daß man das Gegenstück zum Beugungsgitter 18 erhält.

Die Funktionsweise der in der oben beschriebenen Weise aufgebauten Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers verhält sich wie folgt. Verläuft die Informationsaufzeichnungsfläche 9 um  $\Delta_1$  oberhalb von dem fokussierten Fleck 6, wie in Fig. 4(a) dargestellt ist, so wird der von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 reflektierte Lichtstrahl 26 in den geführten Strahl 19 mit größter Wirksamkeit bzw. Güte durch das Beugungsgitter 19 umgewandelt. Jedoch ist die Erregung des geführten Strahles 15 im Zustand gemäß Fig. 4(a) schwach, da das Beugungsgitter 14 so gestaltet ist, daß es den reflektierten Lichtstrahl in einen geführten Strahl 15 mit größtem Wirkungsgrad umwandelt, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 um die Strecke  $\Delta_1$  unterhalb des fokussierten Flecks 6 verläuft.

Demzufolge wächst die auf das Lichtempfangselement 20 des zweigeteilten Photodetektors 16 einfallende Lichtmenge wie in Fig. 5(a) dargestellt ist, an.

Befindet sich der fokussierte Fleck 6 auf der Informationsaufzeichnungsfläche 9, so ist die Kopplung des reflektierten Strahles 26 mit dem geführten Strahl 15 und die mit dem geführten Strahl 19 in beiden Fällen unvoll-

ständig, jedoch sind die Abweichungen ungefähr dieselben.

Daher werden die geführten Strahlen 15 und 19, wie in Fig. 5(b) dargestellt ist, mit etwa derselben Intensität erregt und die auf beide Lichtempfangselemente 17 und 20 des zweigeteilten Fotodetektors 16 auftreffenden Lichtmengen sind etwa gleich.

Wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 sich dem Substrat 3 nähert und unterhalb des fokussierten Fleckes 6 um  $\Delta_1$  entfernt verläuft, wird der geführte Strahl 15 sehr stark durch den reflektierten Strahl 26 erregt und die auf das Lichtempfangselement 17 auftreffende Lichtmenge zum Maximum (Fig. 5(c)).

Die Fig. 6(a) und (b) zeigen Ausgangssignale der Lichtempfangselemente 17 und 20 des zweigeteilten Fotodetektors 16 in Bezug auf eine Fokussierungsabweichung  $\Delta_f$ . Nimmt man die Differenz zwischen diesen beiden Ausgangssignalen, so erhält man ein in Fig. 7 dargestelltes Fokussierungsfehlersignal  $E_f$ .

Obwohl bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel die Informationsaufzeichnungsfläche 9 auf der Oberfläche des Informationsaufzeichnungsmediums 7 angeordnet ist, versteht es sich, daß dieselbe Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers verwendet werden kann, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 mit einer transparenten Schutzschicht 7, wie in Fig. 8 dargestellt ist, bedeckt ist.

Darüber hinaus kann in Abweichung zu dem oben beschrie-

benen Ausführungsbeispiel, wo der zweiseitige Foto-detektor an eine Endfläche der Dünnfilm-Wellenleiter-schicht angebracht ist, der Fotodetektor auch in der Wellenleiterschicht vorgesehen werden, wie in Fig. 9 dargestellt ist. Um den Fotodetektor innerhalb der Wellenleiterschicht zu integrieren, empfiehlt es sich, ein Halbleitermaterial wie beispielsweise Si oder GaAs als Substratmaterial zu verwenden. Fig. 9 zeigt ein Beispiel einer Integration einer PiN-Fotodiode als Fotodetektor und der Verwendung eines n-Si-Substrates, in dem die Bezugsziffer 27 das n-Si-Substrat, die Be-zugsziffer 28 eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht, die Bezugsziffer 29 eine Dünnfilm-Wellenleiterschicht, die Bezugsziffern 30 und 31 PiN-Fotodioden, die Bezugsziffer 32 eine i-Schicht, die Bezugsziffer 33 eine P-Schicht und die Be-zugsziffern 34, 35 und 36 Elektroden bezeichnen. Ein derartiger in dem optischen Wellenleiter vorgesehener Fotodetektor wird beispielsweise in der Literaturstelle D. Ostrowsky et al., "Integrated Optical Photodetector", Appl. Phys. Lett., 29, Seite 463 (1973) beschrieben.

Schließlich können in Abwandlung des oben beschriebenen Ausführungsbeispiele, in dem der Halbleiterlaser 1 an einer Endfläche der Wellenleiterschicht angebracht ist, die Beugungsgitter und der Fotodetektor unmittelbar in der Wellenleiterschicht des Halbleiterlasers selbst integriert werden.

In Fig. 10 ist eine modifizierte Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Fig. 10(a) zeigt eine perspektivische Gesamtansicht dieses Ausführungsbei-

spiels; Fig. 10(b) eine Teilansicht der in diesem Ausführungsbeispiel verwendeten Lichtempfangs-Beugungsgitter und Fig. 10(c) eine Ansicht der Anordnung eines zweiten Lichtempfangs-Beugungsgitters. In diesen Figuren bezeichnen die Bezugsziffern 1 bis 7 und 11 dieselben Teile wie die im Zusammenhang mit der Fig. 2 verwendeten Bezugszeichen. Die Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers in einer optischen Kopfanordnung gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist so aufgebaut, daß ein von einer Informationsaufzeichnungsfläche 9 reflektierter Lichtstrahl 13 mit maximaler Umwandlungsgüte entweder von einem ersten Lichtempfangs-Beugungsgitter 41 oder einem zweiten Lichtempfangs-Beugungsgitter 42, die gegenüberliegend auf der Oberfläche der Rückseite der Wellenleiterschicht 2 angeordnet sind, auf eine vertikale Verschiebung des Lichtstrahlflecks 6, der von dem fokussierenden Beugungsgitter 5 in Bezug zur Informationsaufzeichnungsfläche 9 fokussiert wird, in einen geführten Strahl umgewandelt wird, wobei auf der Basis des geführten Strahles eine Fokussierungsfehlererfassung mittels der Fotodetektoren 17 und 20 durchgeführt wird, die an der Wellenleiterschicht 2 befestigt sind.

In Fig. 10(a) bezeichnet die Bezugsziffer 101 ein Informationspit auf der Informationsaufzeichnungsfläche 9. Das erste Lichtempfangs-Beugungsgitter 41 dient dazu, den reflektierten Strahl 13 erneut in einen geführten Strahl umzuwandeln und ihn zum Fotodetektor 20 zu leiten. Es ist als reliefartiges Beugungsgitter ausgebildet, das eine unebene, auf dem optischen Wellenleiter 2 ausgebildete Abschnittsform aufweist.

Andererseits dient das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter 42 gemäß den Fig. 10(b) und (c) zur Umwandlung des reflektierten Strahles 13 in einen anderen geführten Strahl 15 und zur Weiterleitung des Strahles zum Photodetektor 17. Es ist an der Grenzschicht der Wellenleiterschicht und des Substrates 3 uneben ausgebildet. Das erste Lichtempfangs-Beugungsgitter 41 ist so gestaltet, daß der Wirkungsgrad der Umwandlung des reflektierten Strahles 13 in den geführten Strahl 19 zum Maximum wird, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 oberhalb des fokussierten Flecks 6 angeordnet ist, während das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter 42 so ausgebildet ist, daß der Wirkungsgrad der Umwandlung des reflektierten Strahles 13 in dem geführten Strahl 15 am größten wird, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche unterhalb des fokussierten Flecks 6 verläuft, im Gegensatz zum ersten Lichtempfangs-Beugungsgitter 41.

Aus diesem Grunde wird ein Differenzverstärker 22 wie in Fig. 2(b) dargestellt, verwendet, um ein differenzielles Ausgangssignal zwischen den Ausgängen der Photodetektoren 17 und 20 zu erhalten, wodurch es möglich wird, ein Fokussierungsfehlersignal  $E_f$  abzugreifen. Darüber hinaus ist die Wellenleiterschicht 2 mit einer Aussparung 21 versehen, um den Teil des geführten Strahles, der nicht mittels des ersten Beugungsgitters 5 in eine konvergierende sphärische Welle umgewandelt wurde, daran zu hindern, in die Wellenleiterschicht 2 auf der Lichtempfangsseite einzutreten.

Nachstehend soll unter Bezugnahme auf die Figuren 11 und 12 die Gestaltung des ersten und zweiten Lichtempfangs-Beugungsgitters 41 und 42 näher erläutert

werden. Der Zustand des Lichtstrahles bei Abwesenheit eines Fokussierungsfehlers ist derselbe wie in Fig. 3 dargestellt. In Fig. 3 wird die konvergierende sphärische Welle 11, die aus der Dünnfilm-Wellenleiterschicht 2 mittels des Beugungsgitters 5 herausgenommen wurde, zum fokussierten Fleck 6 fokussiert und anschließend von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 zu einer divergierenden sphärischen Welle 13 reflektiert. Beträgt der Winkel zwischen einem Ursprungsstrahl 23 der konvergierten sphärischen Welle 11 und einer auf der Wellenleiterschicht 2 errichteten Normalen  $\psi$  und der Abstand zwischen der Wellenleiterschicht 2 und der Informationsaufzeichnungsfläche  $f \cos \psi$ , und sind die Wellenleiterschicht 2 und die Informationsaufzeichnungsfläche 9 parallel zueinander ausgerichtet und wird ein Punkt 24, in dem der Ursprungsstrahl 23 erneut auf die Wellenleiterschicht 2 auftrifft, nachdem er von der Informationsaufzeichnungsfläche reflektiert wurde, als Koordinatenursprung ausgewählt und werden die Oberfläche der Wellenleiterschicht 2 und eine den Auftreffpunkt 24 enthaltende Normale entlang y- und z-Achsen aufgetragen, so können die Koordinaten des fokussierten Flecks 6 als  $P(0, -f \sin \psi, f \cos \psi)$  und die Phase  $\phi_1$  der divergenten sphärischen Welle 13 auf der Wellenleiterschicht 2 durch die vorstehend wiedergegebene Gleichung (1) ausgedrückt werden.

Ist die Informationsaufzeichnungsfläche 9 oberhalb des fokussierten Flecks 6 um die Entfernung  $\Delta_1 (> 0)$ , wie in Fig. 4 dargestellt ist, angeordnet, so kann ein von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 reflektierter Strahl 26 als sphärische Welle ausgedrückt werden, die vom Punkt  $P'(0, -f \sin \psi, f \cos \psi + 2\Delta_1)$  divergiert. Demzu-

folge ist die Phase  $\phi_1'$  des reflektierten Strahles 26 auf der Wellenleiterschicht 2 durch die vorstehend wiedergegebene Gleichung (2) gegeben.

Das erste Lichtempfangs-Beugungsgitter 41 funktioniert in der Weise, daß es den reflektierten Lichtstrahl 26 in einen geführten Strahl 19 umwandelt, der sich zum Fotodetektor 17 fortpflanzt, so daß, wenn die Phase des geführten Strahles 19  $\phi_2(x, y)$  ist, eine die vorstehende Gleichung (3) befriedigende Kurvenschar eine zweidimensionale Form des ersten Lichtempfangs-Beugungsgitters 41 in der Wellenleiterschicht ergibt. Genauer gesagt, ist die Form der "m"-ten Kurve als ein Bestandteil des ersten Lichtempfangs-Beugungsgitters 41 als Ort  $(x, y)$  gegeben, der der Gleichung (3) genügt. In dem ersten Beugungsgitter 41 wird der geführte Strahl 19 am stärksten erregt, wenn die divergente sphärische Welle vom Punkt  $P'$  auf das Beugungsgitter 4 auftrifft.

Befindet sich die Informationsaufzeichnungsfläche 9 um  $\Delta_2 (\cong \Delta_1)$  unterhalb des fokussierten Fleckes 6, wie in Fig. 11 dargestellt ist, so kann der von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 reflektierte Strahl 26 als sphärische Welle ausgedrückt werden, die vom Punkt  $P''(0, f \sin \psi, f \cos \psi - 2\Delta_2)$  divergiert und die Phase  $\phi_1''$  des reflektierten Strahles 26 auf der Wellenleiterschicht 2 genügt folgender Gleichung:

$$\phi_1'' = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{x^2 + (y + f \sin \psi)^2 + (f \cos \psi - 2\Delta_2)^2} \quad \dots (4)$$

Das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter 42 funktioniert

in der Weise, daß es den reflektierten Strahl 26 in den geführten Strahl 15 umwandelt und ihn in Richtung auf den Fotodetektor 17 leitet, so daß, wenn die Phase des geführten Strahles 15  $\phi_3(x, y)$  beträgt, sich eine der folgenden Gleichung genügende Kurvenschar für eine zweidimensionale Form des zweiten Lichtempfangs-Beugungsgitters 42 in der Ebene der Wellenleiterschicht ergibt:

$$\Delta\Phi' = \phi_1'' - \phi_3 = 2n\pi + \text{constant} \quad (n: \text{ganze Zahl})$$

...(5)

Das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter 42 erregt den geführten Strahl 15 am stärksten, wenn die divergente sphärische Welle vom Punkt  $P''$  auf das Gitter auftrifft.

Obwohl es sich bei den in diesem Ausführungsbeispiel verwendeten Beugungsgittern 41 und 42 um Beugungsgitter des Relieftyps handelt, kann auch eine Brechungsin dexverteilung in der Dünnfilm-Wellenleiterschicht 2 zur Bildung von Beugungsgittern 5, 41 und 42 erzeugt werden.

Nachstehend soll die Funktionsweise der in dieser Weise aufgebauten Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers unter Bezugnahme auf die Fig. 12, 13, 14, 15, 16, 17 und 18 näher erläutert werden. Wie der Darstellung gemäß Fig. 12 zu entnehmen ist, verläuft die Informationsaufzeichnungsfläche um  $\Delta_1 (> 0)$  oberhalb vom fokussierten Fleck 6, d.h. die Divergenzmitte des reflektierten Lichtstrahles befindet sich im Punkt  $P'(0, -f \sin\psi, f \cos\psi - 2\Delta_1)$ . In diesem Fall wird der Wirkungsgrad  $\eta_1$  der Umwandlung des reflektierten Lichtstrahles 26 in den geführten Strahl 19 mittels des

ersten Lichtempfangs-Beugungsgitters 41 zu einem Maximum, wie dies zuvor in Verbindung mit Fig. 4 erläutert wurde. Andererseits ist das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter 42 so ausgebildet, daß, wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 um  $\Delta_2 (> 0)$  unterhalb des fokussierten Flecks 6 verläuft, d.h., wenn die Divergenzmitte des reflektierten Strahls 26 als divergente sphärische Welle sich im Punkt  $P''(0, -f \sin\psi, f \cos\psi - 2\Delta_2)$  befindet, der Wirkungsgrad der Umwandlung des reflektierten Strahles in den geführten Strahl 15 zu einem Maximum wird. Da die Divergenzmitte des reflektierten Strahles 26 vom Punkt  $P''$  um  $\delta_2 = 2\Delta_1 + 2\Delta_2$  entfernt ist, unterscheidet sich die Wellenfront des reflektierten Strahls 26 auf der Wellenleiterschicht 2 von der der sphärischen Welle, die vom Punkt  $P''$  divergiert. Demzufolge ist der Wirkungsgrad  $\eta_2$  der Umwandlung des reflektierten Strahles 26 in den geführten Strahl 15 mittels des zweiten Lichtempfangs-Beugungsgitters 42 gering. Fig. 18 zeigt Ausgangssignale  $E_1$  und  $E_2$  der Fotodetektoren 17 und 20, die die jeweiligen Intensitäten der geführten Strahlen 15 und 19 in elektrische Signale umwandeln. Daraus kann entnommen werden, daß, wenn  $\Delta_f$  gleich  $\Delta_1$  ist,  $E_1$  zu einem Maximum wird, während  $E_2$  sehr klein ist, wie dies der Fig. 18 zu entnehmen ist.

Unter Bezugnahme auf Fig. 13 soll nachstehend der Fall erläutert werden, wo die Informationsaufzeichnungsfläche 9 um  $\Delta_3 (\Delta_1 > \Delta_3 > 0)$  von dem fokussierten Fleck 6 entfernt verläuft ( $\Delta_f = \Delta_3$ ), d.h. der Fall, wo die Divergenzmitte des reflektierten Strahles 26 sich im Punkt  $P'''(0, -f \sin\psi, f \cos\psi + 2\Delta_3)$  befindet. Das erste Lichtempfangs-Beugungsgitter 41 ist so gestaltet,

daß der Wirkungsgrad  $\eta_1$  der mit ihm erzielbaren Umwandlung zum Maximum wird, wenn der reflektierte Strahl 26 von der Informationsaufzeichnungsfläche 9 eine sphärische Welle ist, die vom Punkt  $P'(0, -f \sin\psi, f \cos\psi + 2\Delta_1)$  divergiert. In Fig. 13 beträgt der Abstand  $\delta_1$  zwischen der Divergenzmitte des reflektierten Strahls 26 und dem Punkt  $P' 2\Delta_1 - 2\Delta_3 (>0)$ , so daß die Wellenfront des reflektierten Strahls 26 auf der Wellenleiterschicht 2 verschieden von der der sphärischen Welle wird, die vom  $P'$  divergiert. Demzufolge ist der Wirkungsgrad  $\eta_1$  der Umwandlung des ersten Lichtempfangs-Beugungsgitters 41 etwas geringer als der gemäß Fig. 12 ( $\Delta_f = \Delta_1$ ) und das Ausgangssignal des Fotodetektors 20 fällt ebenfalls ab.

Andererseits ist das zweite Lichtempfangs-Beugungsgitter 42 so aufgebaut, daß der mit ihm erzielbare Umwandlungswirkungsgrad zu einem Maximum wird, wenn der reflektierte Strahl eine sphärische Welle ist, die vom Punkt  $P''(0, -f \sin\psi, f \cos\psi - 2\Delta_2)$  divergiert. Der Abstand  $\delta_2$  zwischen der Divergenzmitte des reflektierten Strahles und dem Punkt  $P''$  gemäß Fig. 13 beträgt  $2\Delta_2 + 2\Delta_3$  ( $\delta_2 < 2\Delta_1 + 2\Delta_2$ ) und demzufolge nähert sich die Divergenzmitte dem Punkt  $P''$  im Vergleich zu der Anordnung gemäß Fig. 12. Entsprechend wächst der Umwandlungswirkungsgrad  $\eta_2$  etwas an im Vergleich zu Fig. 12 und das Ausgangssignal  $E_2$  des Fotodetektors 17 wächst ebenfalls an.

Fig. 14 zeigt den Fall, wo der fokussierte Fleck 6 der vom Beugungsgitter 5 ausgesandten konvergierenden sphärischen Welle 11 auf der Informationsaufzeichnungsfläche 9 sich befindet ( $\Delta_f = 0$ ), d.h. die Divergenz-

mitte des reflektierten Strahles 13 befindet sich im Punkt  $P(0, -f \sin\psi, f \cos\psi)$ . In diesem Fall ist der Punkt  $P$  ungefähr gleich weit ( $\delta_1 \approx \delta_2$ ) vom Punkt  $P'(0, -f \sin\psi, f \cos\psi + 2\Delta_1)$  und vom Punkt  $P''(0, -f \sin\psi, f \cos\psi - 2\Delta_2)$  ( $\Delta_1 \approx \Delta_2$ ) entfernt, so daß der Punkt  $P$  die Divergenzmitte ist. Die Differenz zwischen der Wellenfront des reflektierten Strahles 13 auf der Dünnfilm-Wellenleiterschicht 2 und der sphärischen Welle, die vom Punkt  $P'$  divergiert, wird ungefähr gleich der Differenz zwischen der Wellenfront des reflektierten Strahles 13 und der sphärischen Welle, die vom Punkt  $P''$  divergiert. Demzufolge werden der Umwandlungswirkungsgrad  $\eta_1$  für den geführten Strahl 19 und der Umwandlungswirkungsgrad  $\eta_2$  für den geführten Strahl 15 ungefähr gleich, ebenso wie die Ausgangssignale  $E_1$  und  $E_2$  der Lichtempfangselemente 20 und 17.

Fig. 15 zeigt den Fall, wo die Informationsaufzeichnungsfläche 9 weiterhin um  $\Delta_4$  unterhalb des fokussierten Fleckes 6 verläuft ( $\Delta_f = -\Delta_4$ ). In diesem Fall befindet sich die Reflektionsmitte des reflektierten Strahles 26 am Punkt  $P^{(4)}(0, -f \sin\psi, f \cos\psi - 2\Delta_4)$  und der Abstand  $\delta_1$  zwischen der Divergenzmitte und dem Punkt  $P'(0, -f \sin\psi, f \cos\psi + 2\Delta_1)$  beträgt  $2\Delta_1 + 2\Delta_4$  und wird somit größer als der Abstand gemäß Fig. 14, während der Abstand  $\delta_2$  zwischen der Divergenzmitte und dem Punkt  $P''(0, -f \sin\psi, f \cos\psi - 2\Delta_2)$   $2\Delta_2 - 2\Delta_4$  beträgt und somit kleiner wird als der in Fig. 14. Folglich wird der mit dem ersten Lichtempfangs-Beugungsgitter 41 erzielte Umwandlungswirkungsgrad  $\eta_1$  geringer, während der mit dem zweiten Lichtempfangs-Beugungsgitter 42 erzielbare Umwandlungswirkungsgrad  $\eta_2$  ansteigt.

Nachstehend soll unter Bezugnahme auf Fig. 16 der Fall erläutert werden ( $\Delta_f = -\Delta_2$ ), wo die Informationsaufzeichnungsfläche 9 um  $\Delta_2$  unterhalb des fokussierten Fleckes 6 verläuft. In diesem Fall befindet sich die Reflektionsmitte des reflektierten Lichtstrahles im Punkt P" und der Abstand  $\delta_1$  zwischen der Divergenzmitte und dem Punkt P' beträgt  $2\Delta_1 + 2\Delta_2$  und ist somit größer als der gemäß Fig. 15, so daß der mit dem ersten Lichtempfangs-Beugungsgitter 41 erzielbare Umwandlungswirkungsgrad  $\eta_1$  weiter abnimmt. Andererseits wird der Abstand  $\delta_2$  zwischen der Divergenzmitte und dem Punkt P" Null, so daß der Umwandlungswirkungsgrad  $\eta_2$  zu einem Maximum wird, wie zuvor in Verbindung mit Fig. 11 erläutert wurde.

Fig. 17 zeigt die den Erläuterungen der Fig. 12 bis 16 verwendeten Stellungen der Divergenzmittten der reflektierten Lichtstrahlen. Fig. 18(a) und (b) zeigen die Ausgangssignale der Fotodetektoren 17 und 20 in Bezug auf den Fokussierungsfehler  $\Delta_f$ . Nimmt man die Differenz zwischen diesen beiden Ausgängen, so kann man ein Fokussierungsfehlersignal  $E_f$ , wie in Fig. 19 gezeigt ist, erhalten.

Obwohl sich in dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel die Informationsaufzeichnungsfläche 9 auf der Oberfläche des Informationsaufzeichnungsmaterials 7 befindet, kann in Abweichung hiervon dieselbe Vorrichtung zur Erfassung eines Fokussierungsfehlers verwendet werden, selbst wenn die Informationsaufzeichnungsfläche 9 mit einer transparenten Schutzschicht 43 bedeckt ist.

Darüber hinaus kann der in dem oben beschriebenen Aus-

führungsbeispiel an einer Endfläche der Dünnfilm-Wellenleiterschicht befestigte zweigeteilte Fotodetektor durch einen in der Wellenleiterschicht angeordneten Fotodetektor gemäß den Darstellungen in den Fig. 1(a) und (b) Verwendung finden. Um den Fotodetektor mit der Wellenleiterschicht zu integrieren, ist es vorteilhaft, ein Halbleitermaterial wie beispielsweise Si oder GaAs als Substratmaterial zu verwenden. Für diesen Fall zeigen die Fig. 21(a) und (b) ein Beispiel, in dem eine PiN-Fotodiode als Fotodetektor in einem n-Si-Substrat integriert ist. In diesen Figuren bezeichnet die Bezugsziffer 51 ein n-Si-Substrat, die Bezugsziffer 52 eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht, die Bezugsziffer 2 eine Wellenleiterschicht, die mittels eines Dünnfilmes gebildet ist, die Bezugsziffern 53 und 54 PiN-Fotodioden, die Bezugsziffer 55 eine i-Schicht, die Bezugsziffer 56 eine P-Schicht und die Bezugsziffern 57, 58 und 59 Elektroden.

Obwohl in dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel der Halbleiterlaser 1 an einer Endfläche der Dünnfilm-Wellenleiterschicht angebracht ist, kann der Halbleiterlaser selbst auf dem Substrat zusammen mit den Beugungsgittern und dem Fotodetektor integriert werden. Die Fig. 22(a) und (b) zeigen ein Beispiel, in dem ein integrierter Zweifach-Führungs-Laser (ITG-Laser) 61 auf der Dünnfilm-Wellenleiterschicht 2 vorgesehen ist, in der die Bezugsziffer 62 eine aktive Schicht, die Bezugsziffern 63 und 64 Spiegel und die Bezugsziffern 65 und 66 Elektroden bezeichnen.

Ein in der aktiven Schicht 62 erzeugter Laserstrahl wird zur Wellenleiterschicht 2 durch Verteilungskopp-

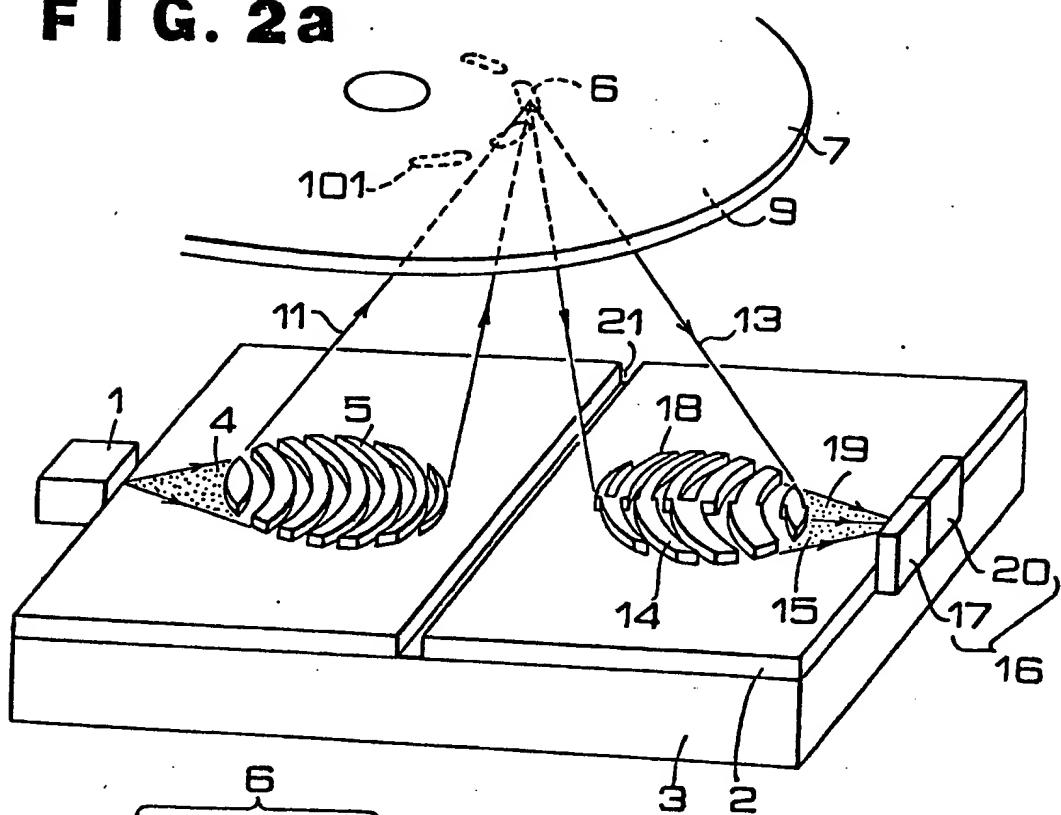
3536497

- 30 -

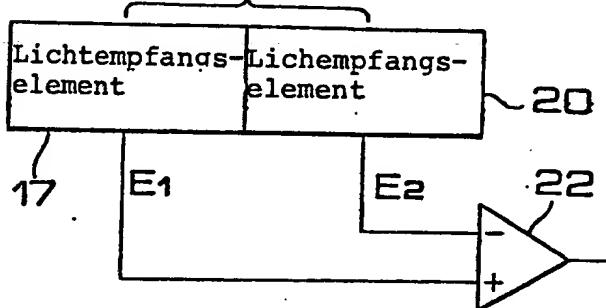
lung geführt und wird ein geführter Strahl 4. Bezuglich des ITG-Lasers wird beispielsweise auf die Literaturstelle Y. Suematsu et al, "A Multi-Hetero-AlGa, As Laser With Integrated Twin Guide", Proceedings of the IEEE, Seite 208 (Januar 1975) verwiesen.

-3A-  
- Leerseite -

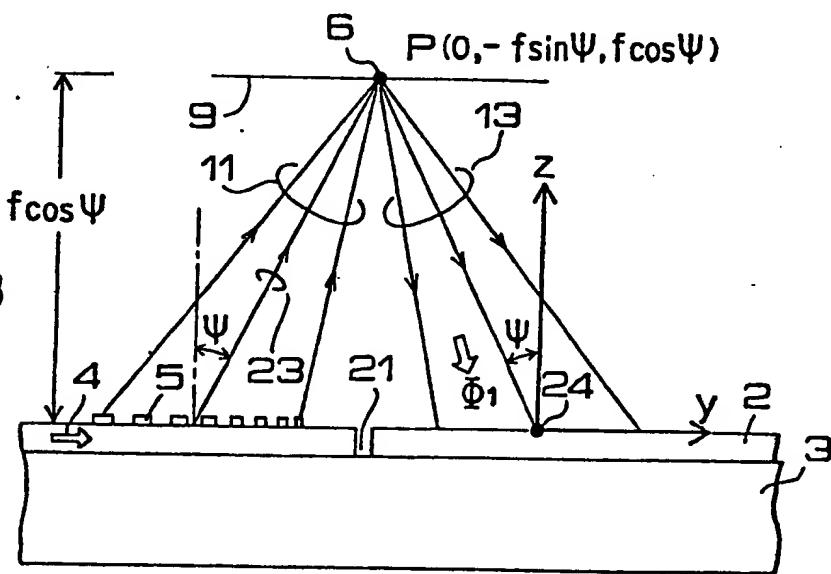
**F I G. 2a**



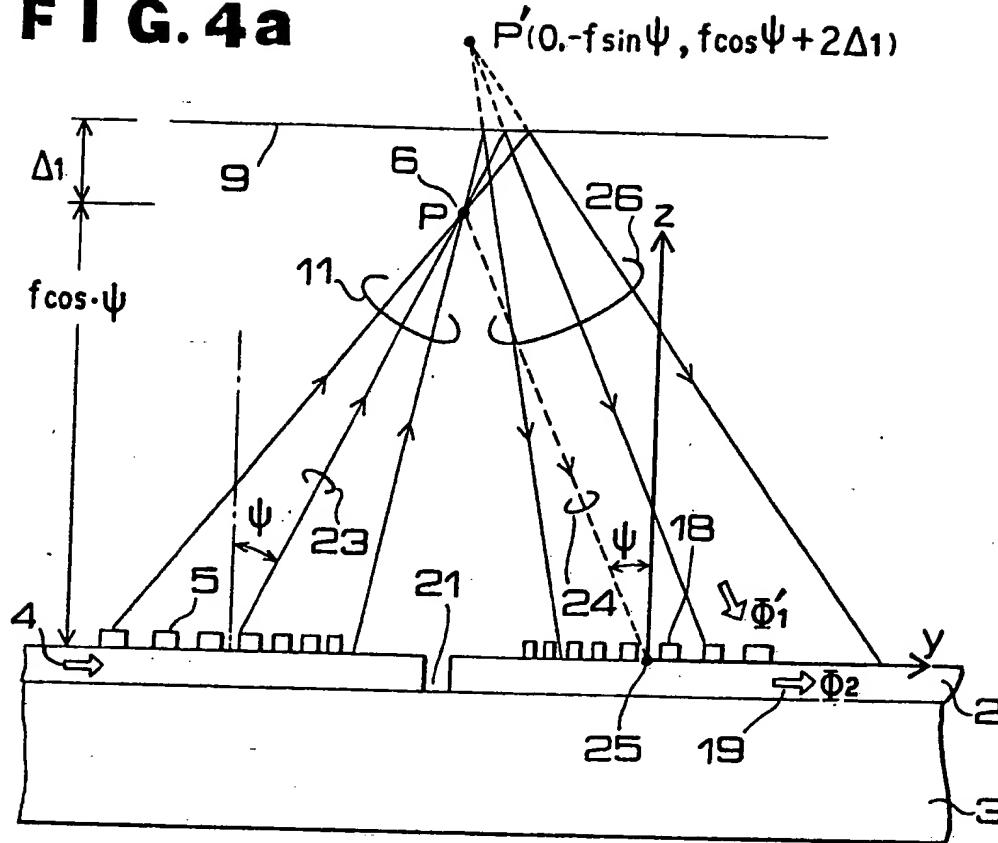
**F I G. 2b**



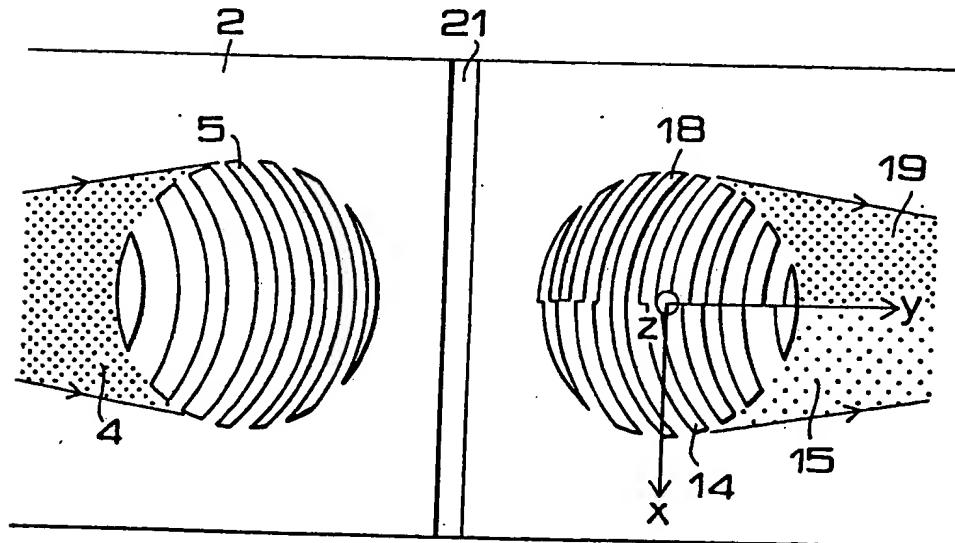
**F I G. 3**



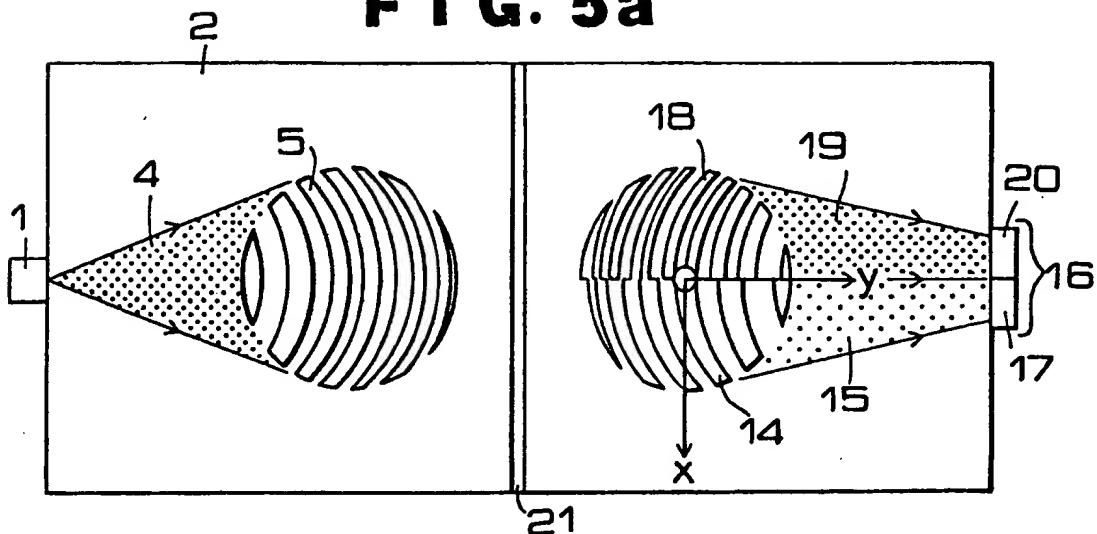
**F I G. 4a**



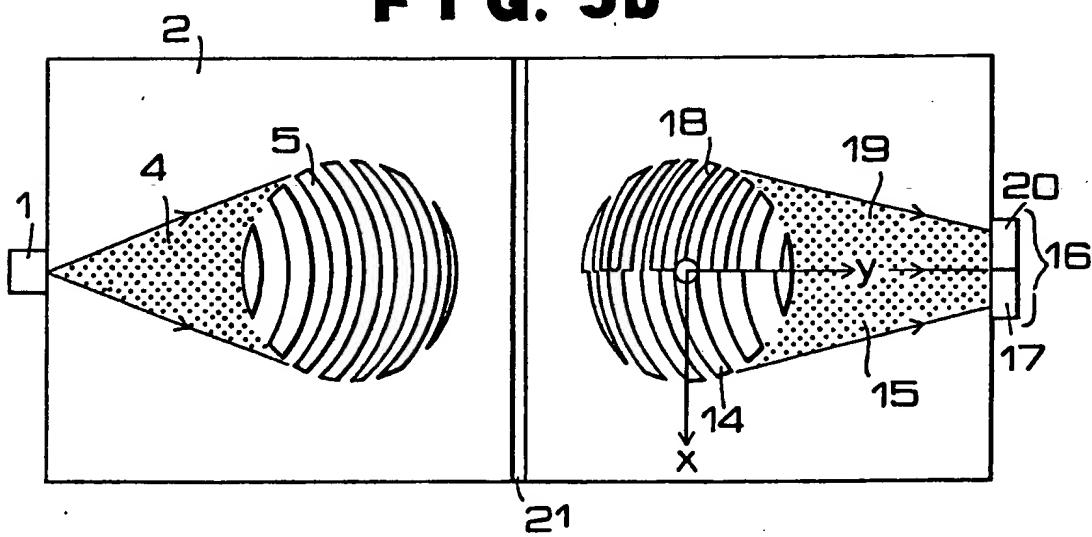
**F I G. 4b**



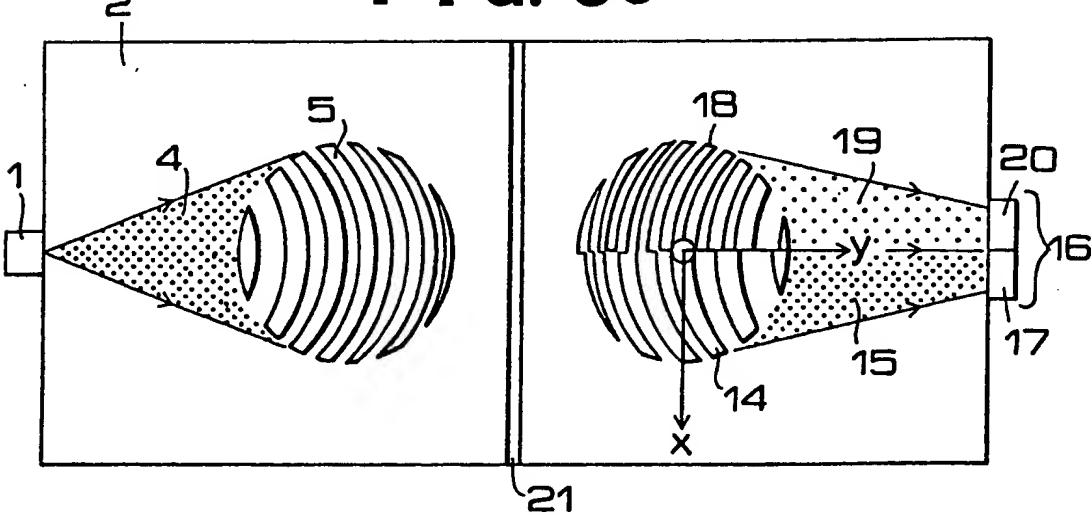
**F I G. 5a**



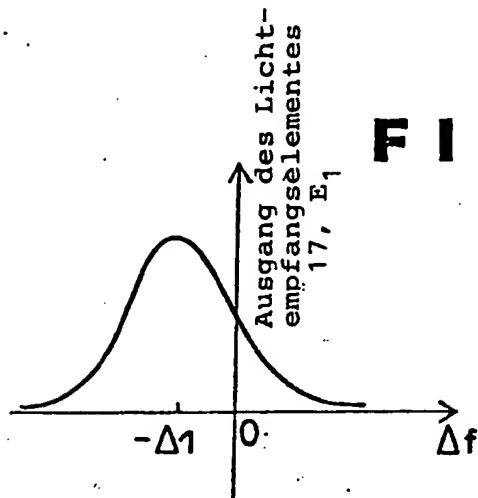
**F I G. 5b**



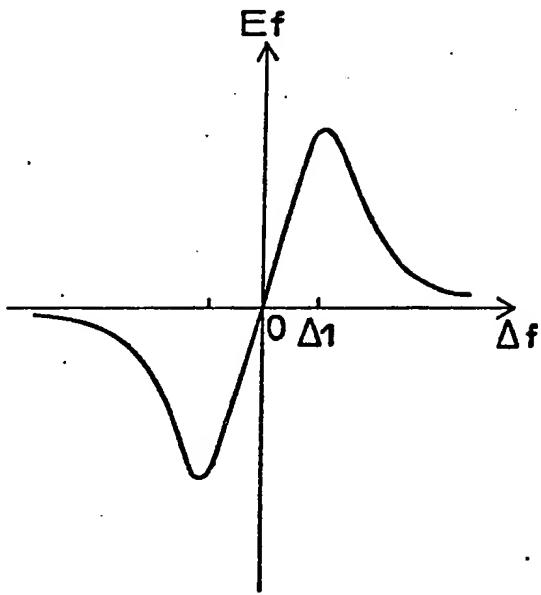
**F I G. 5c**



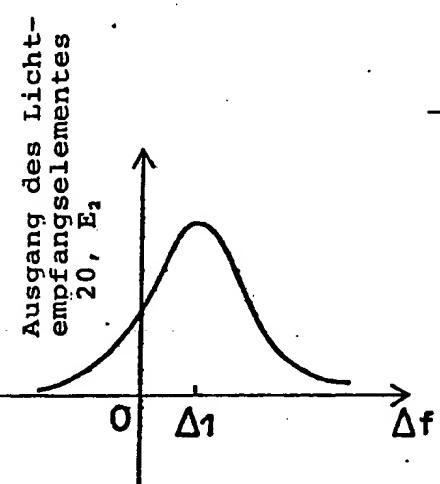
**F I G. 6a**



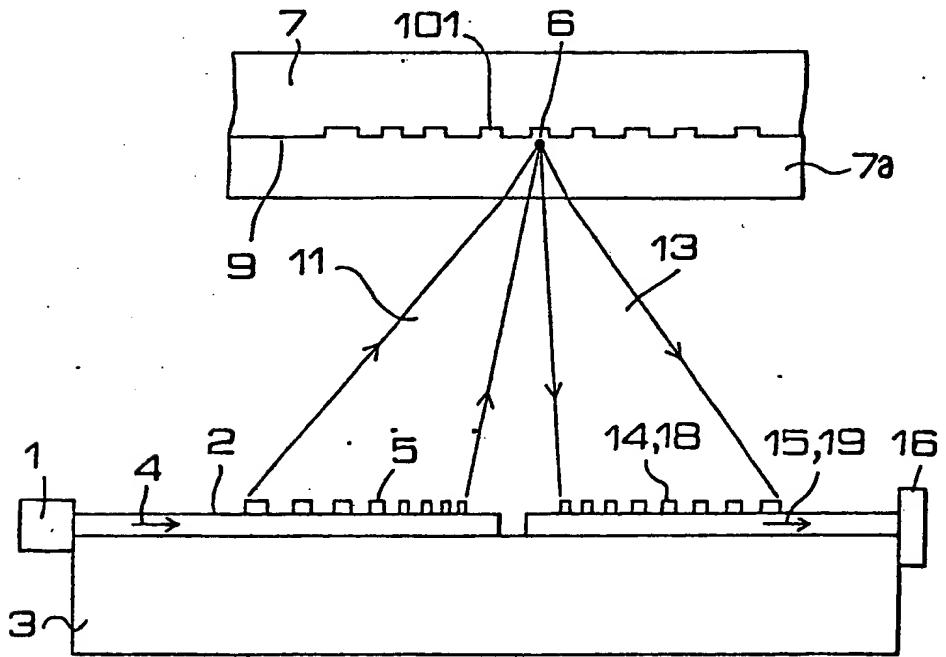
**F I G. 7**



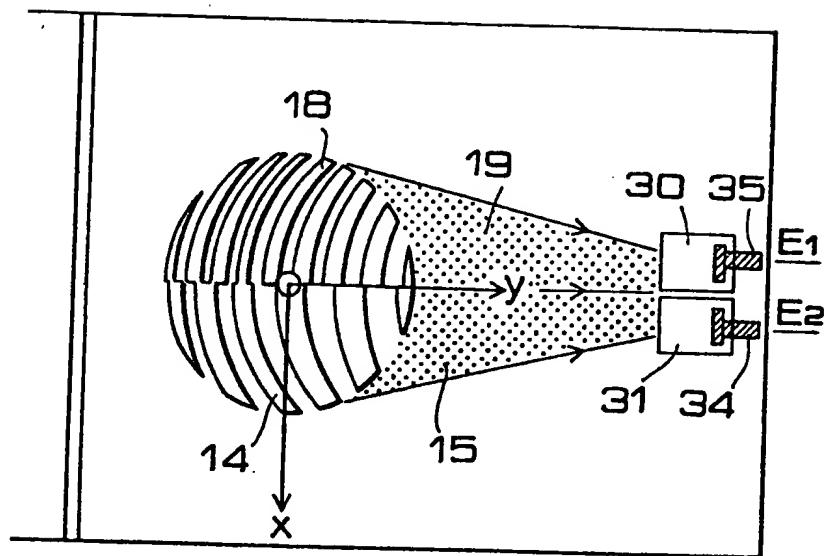
**F I G. 6b**



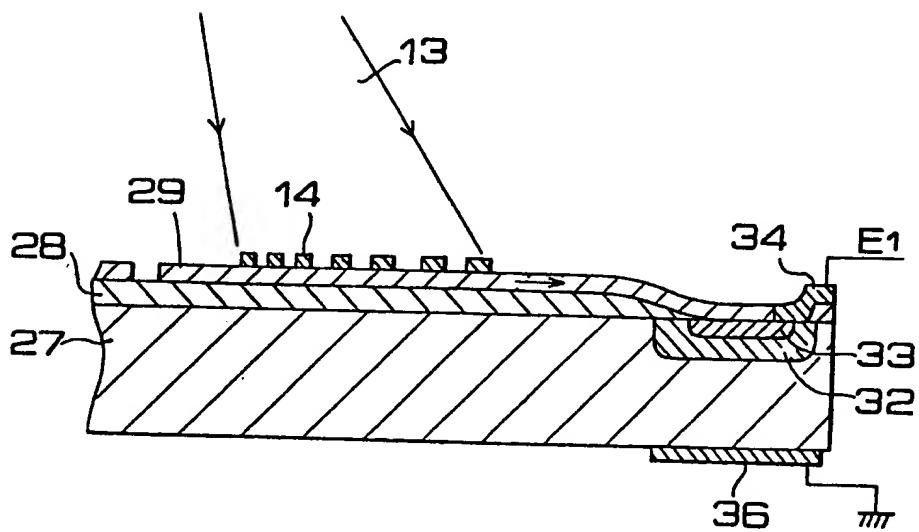
**F I G. 8**



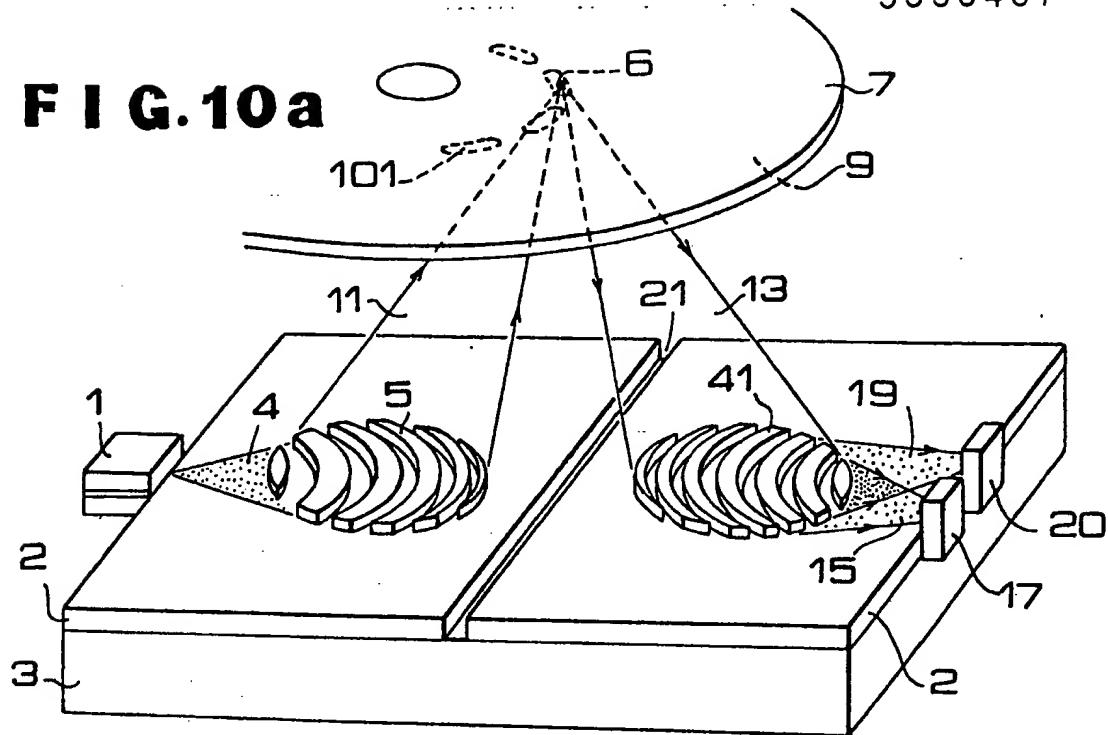
**F I G. 9a**



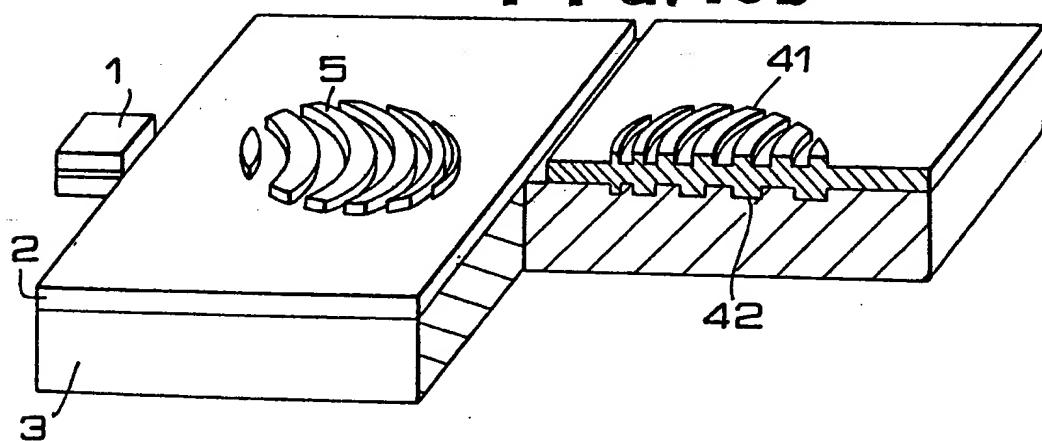
**F I G. 9b**



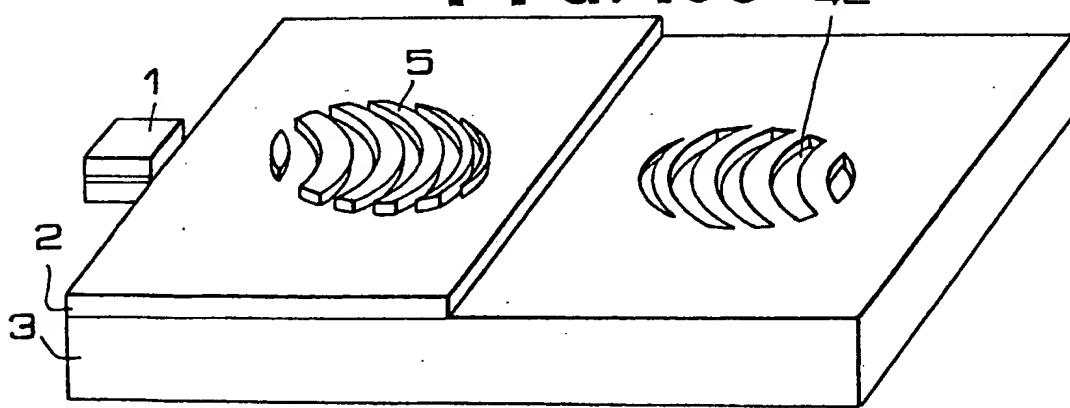
**F I G. 10a**



**F I G. 10b**



**F I G. 10c**



3536497

**F I G. 11a**

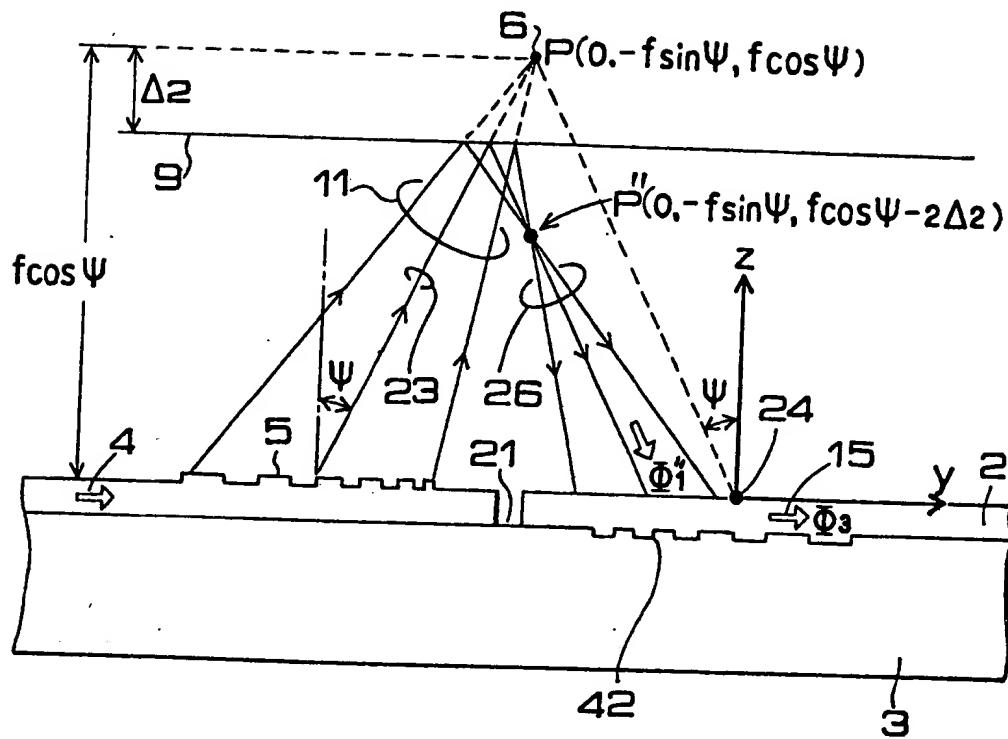
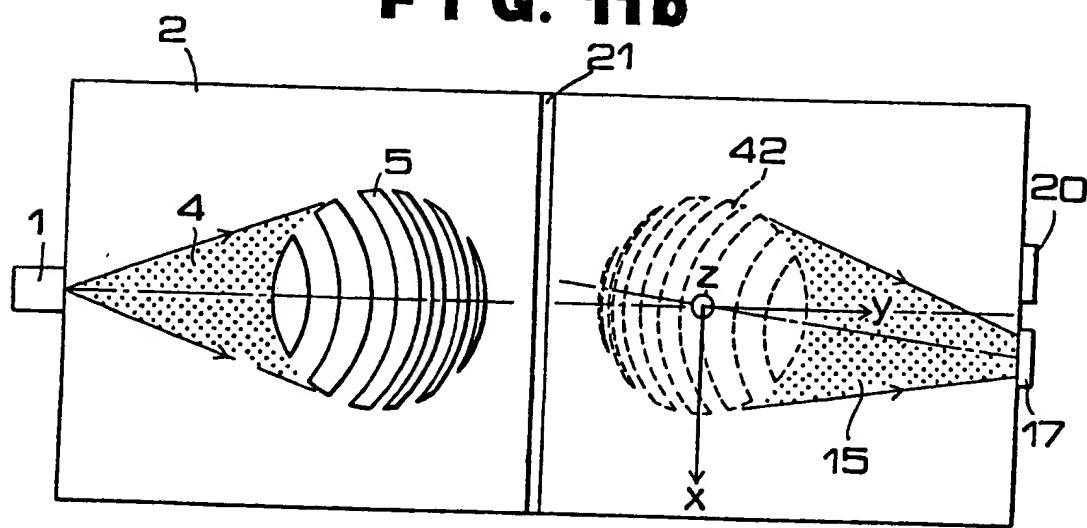
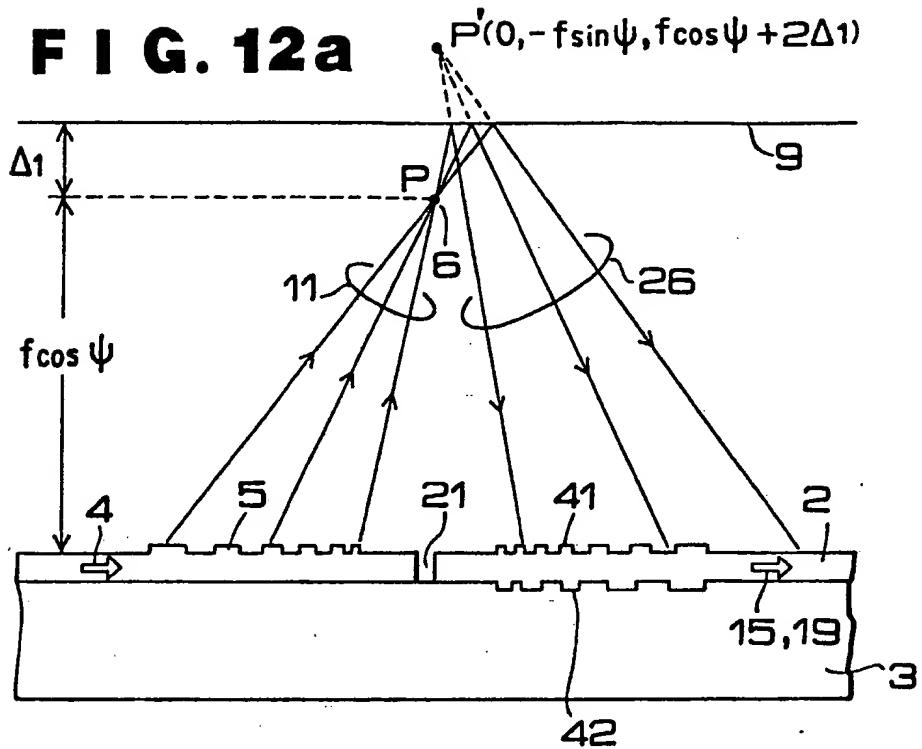


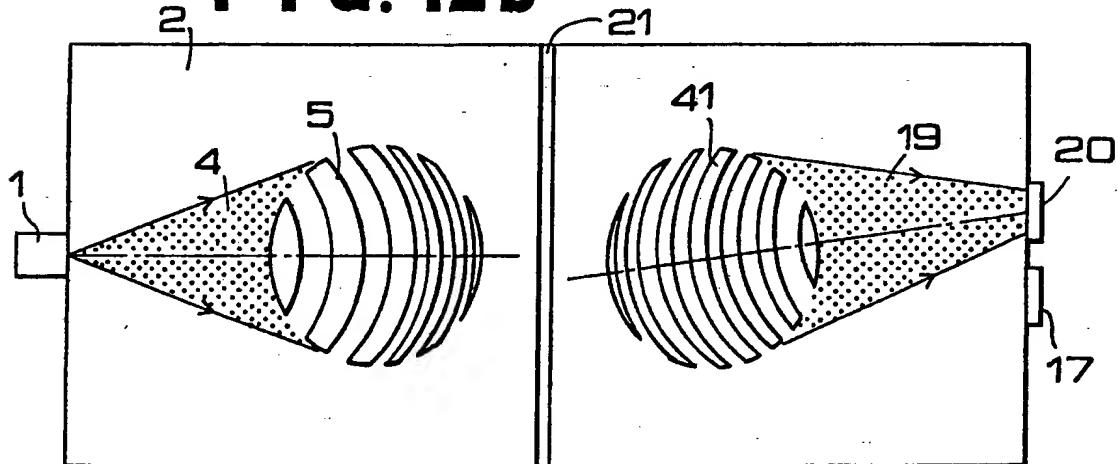
FIG. 11b



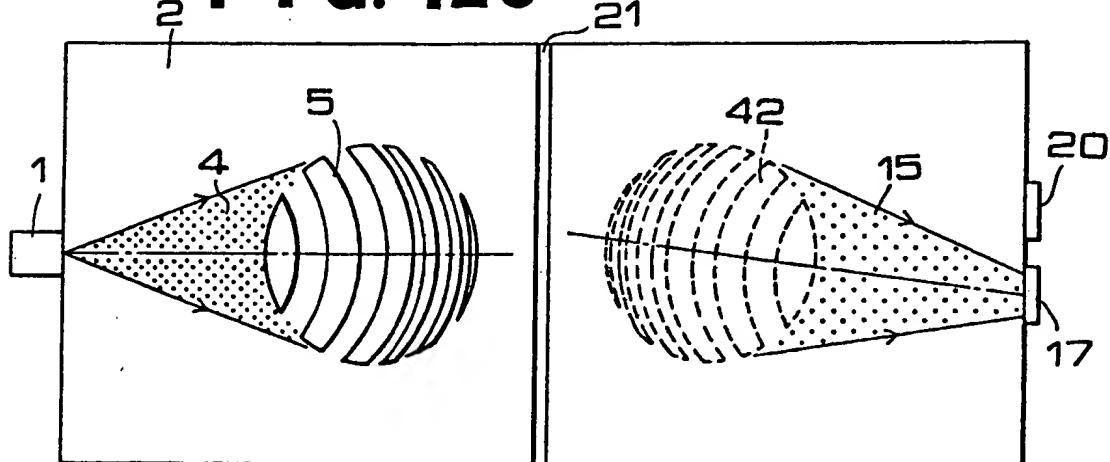
**F I G. 12a**

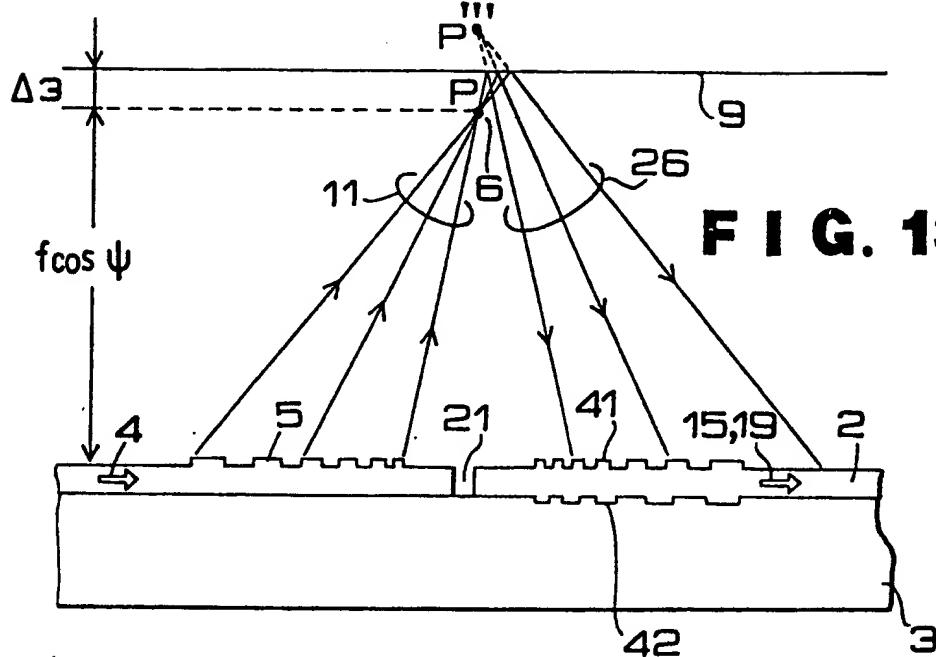


**F I G. 12 b**

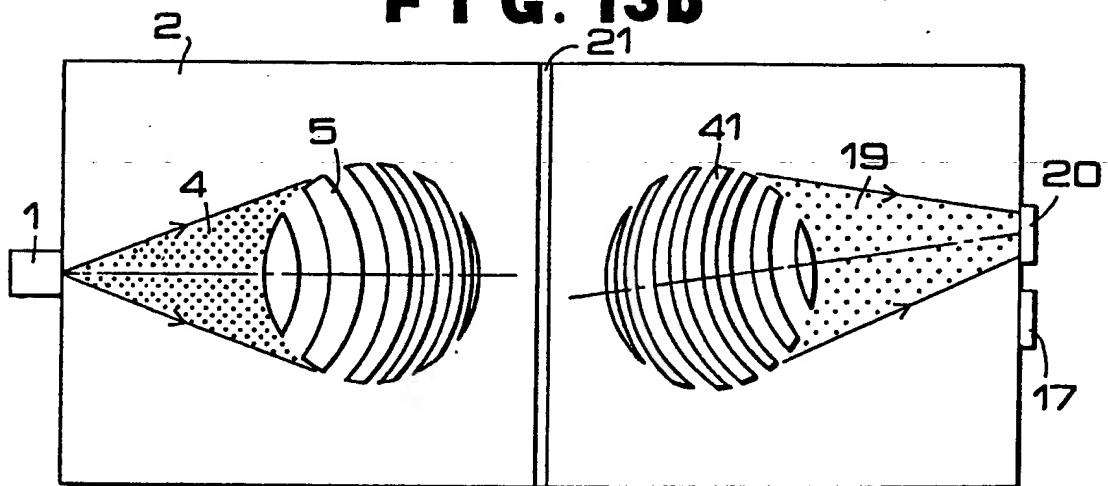


**F I G. 12c**

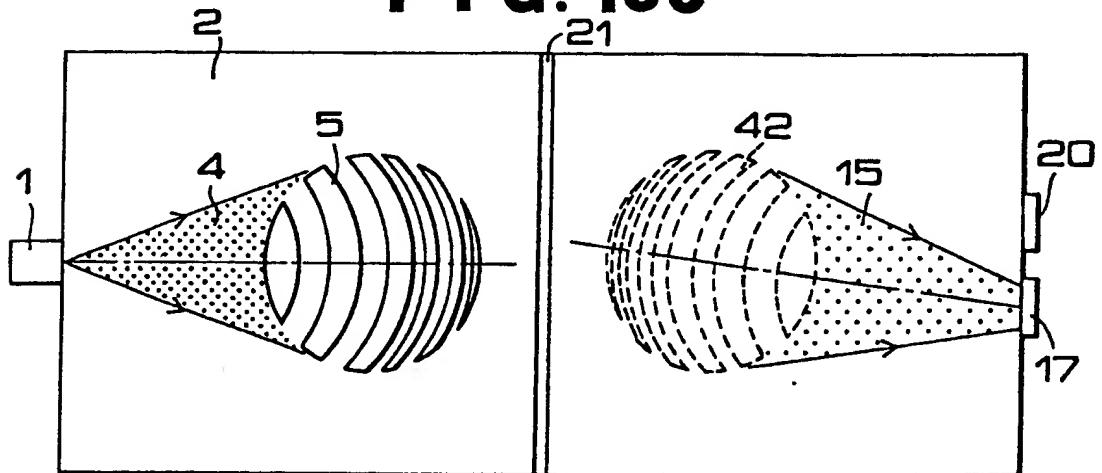




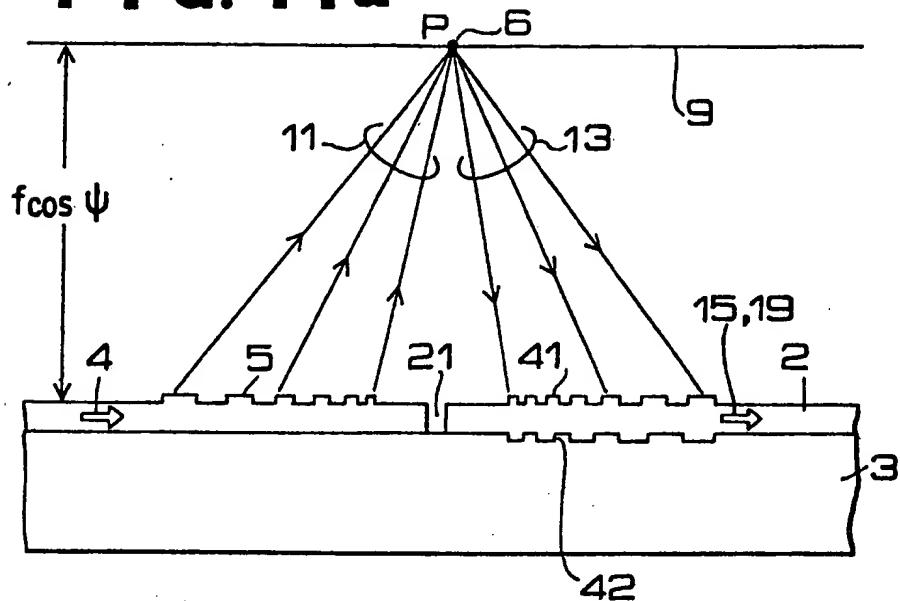
**F I G. 13b**



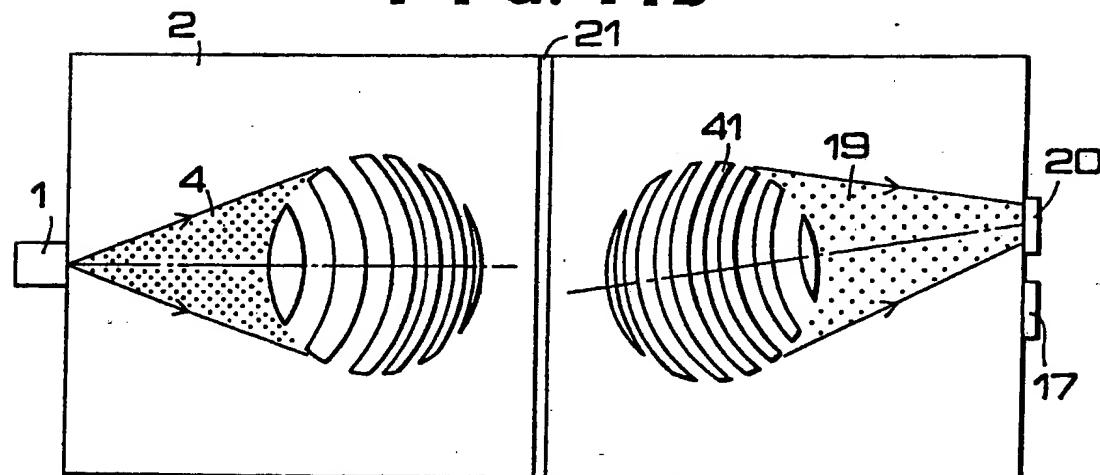
**F I G. 13c**



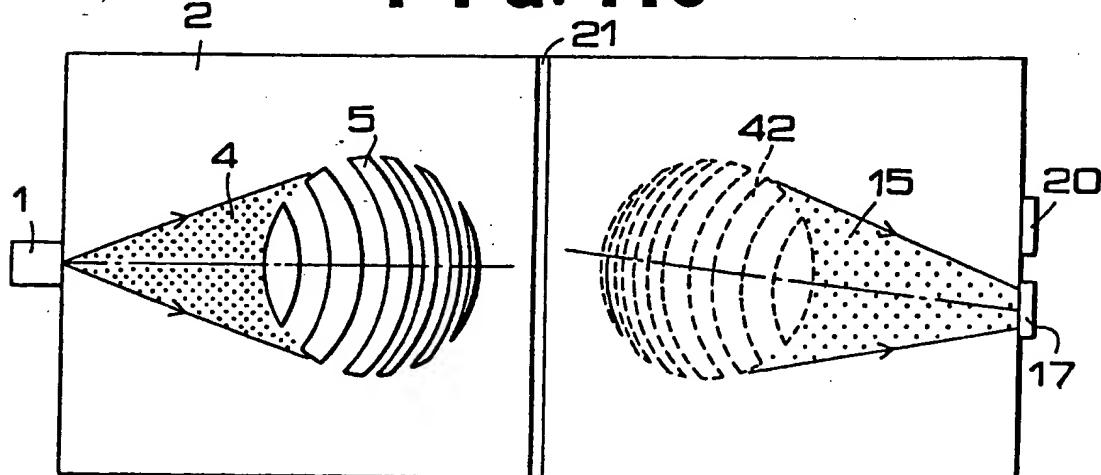
**F I G. 14a**

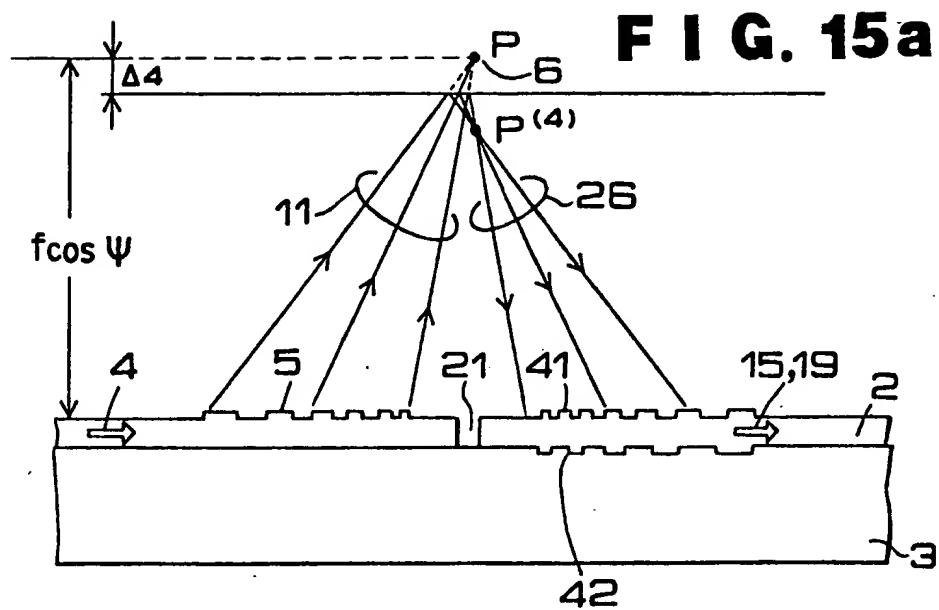


**F I G. 14b**

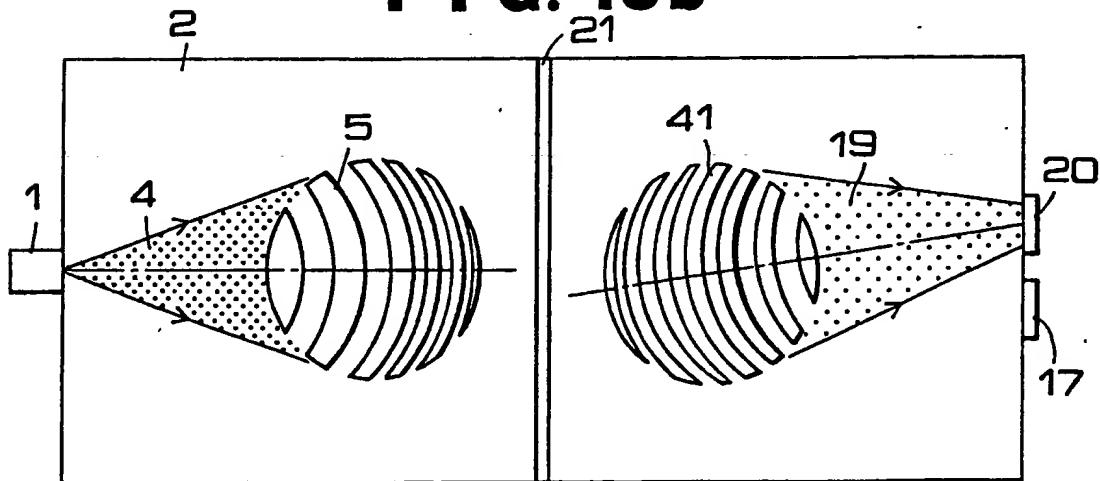


**F I G. 14c**

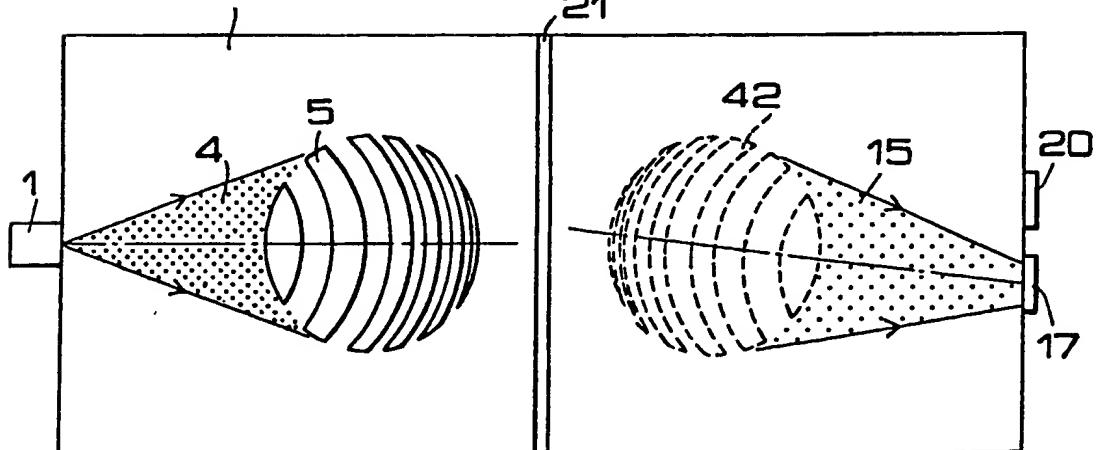


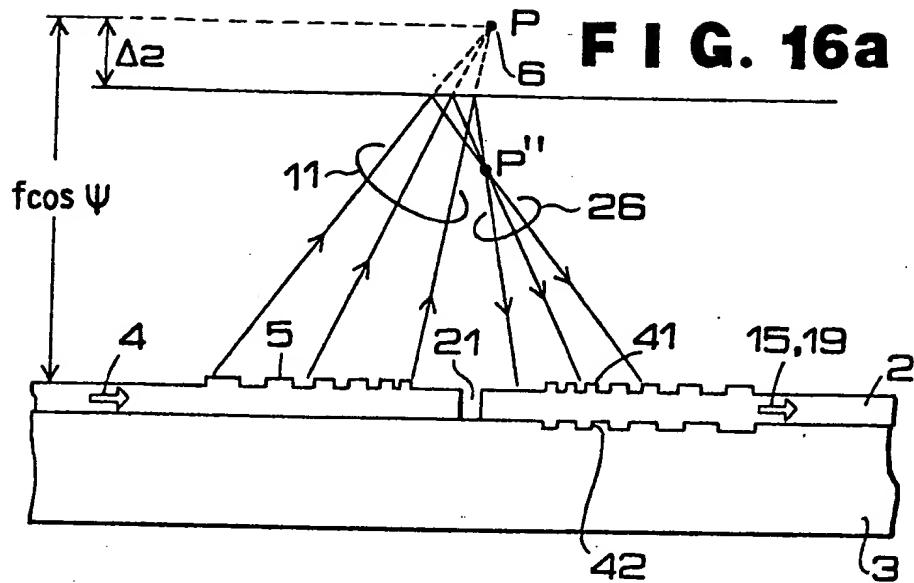


**F I G. 15b**

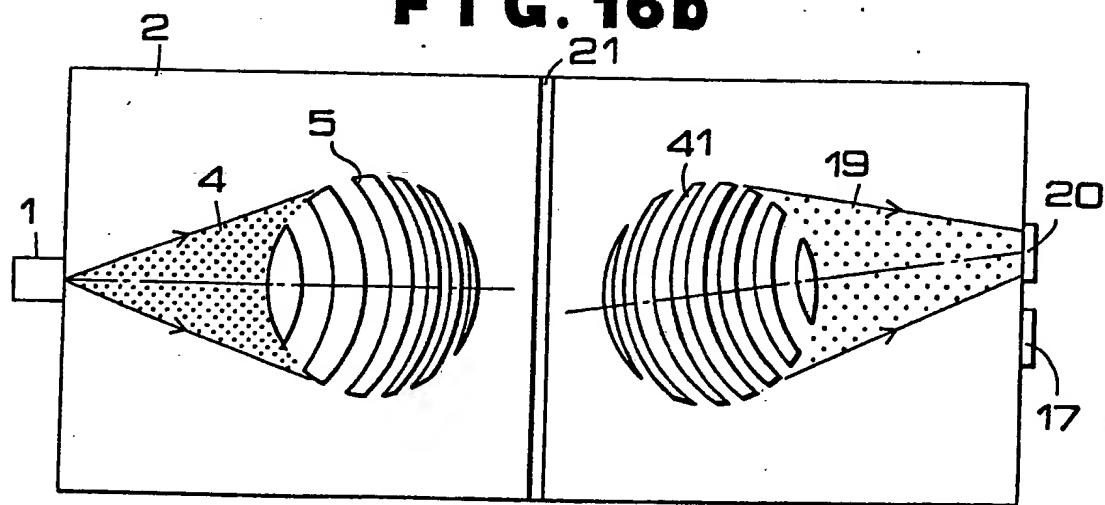


**F I G. 15c**

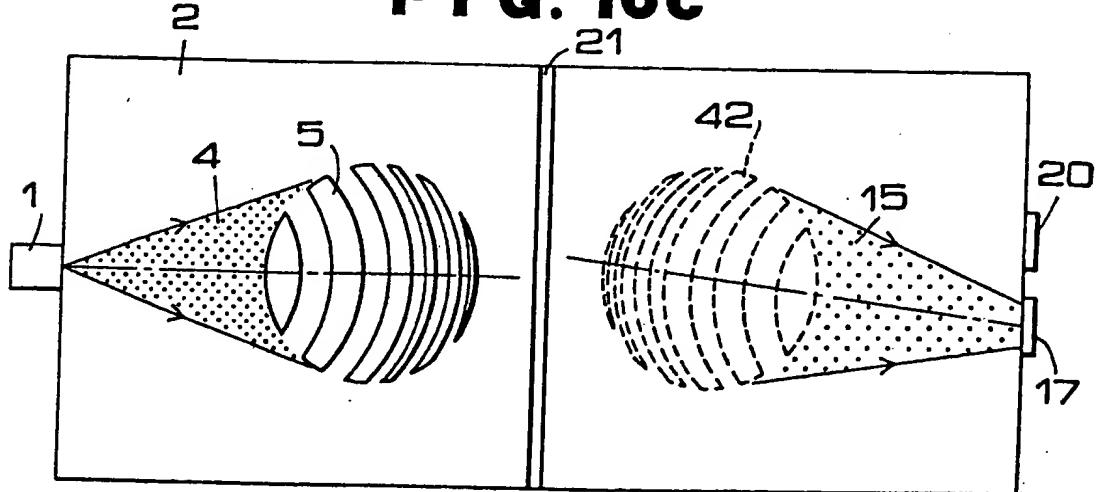




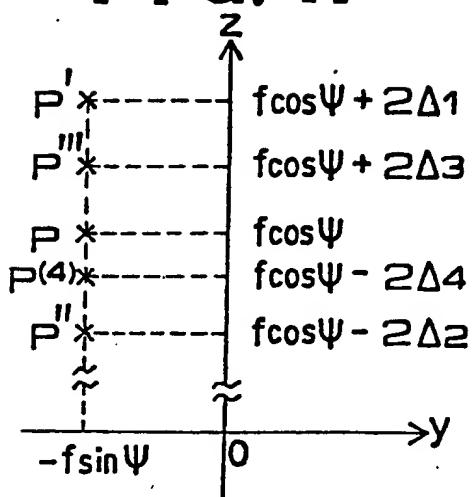
**FIG. 16b**



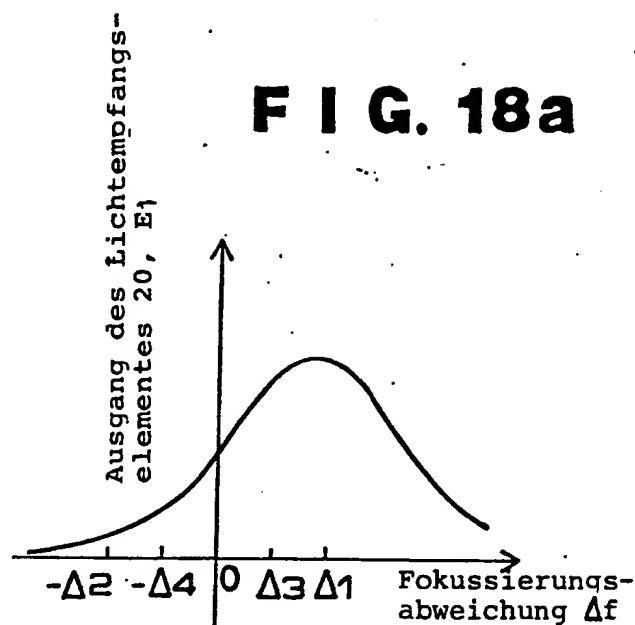
**FIG. 16c**



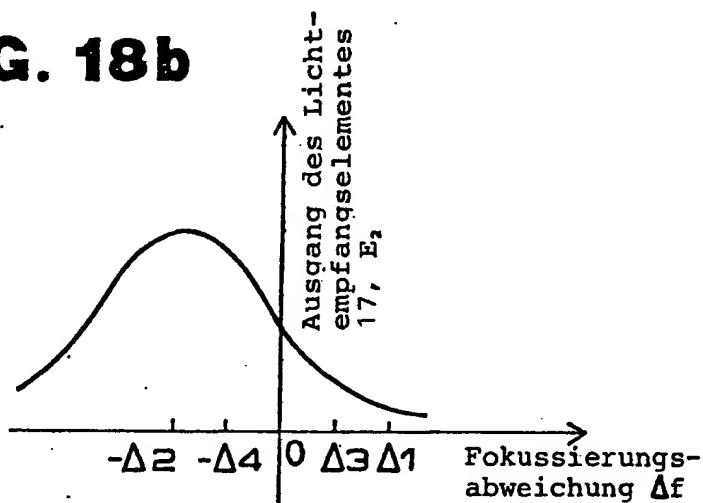
**F I G. 17**



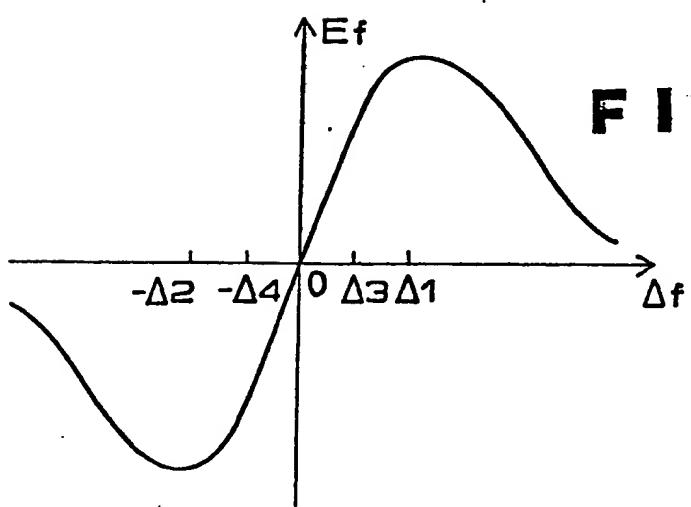
**F I G. 18a**

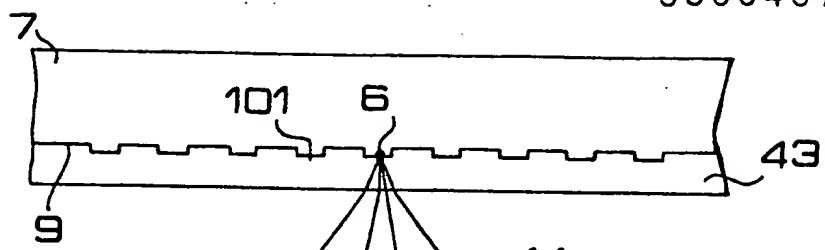


**F I G. 18b**

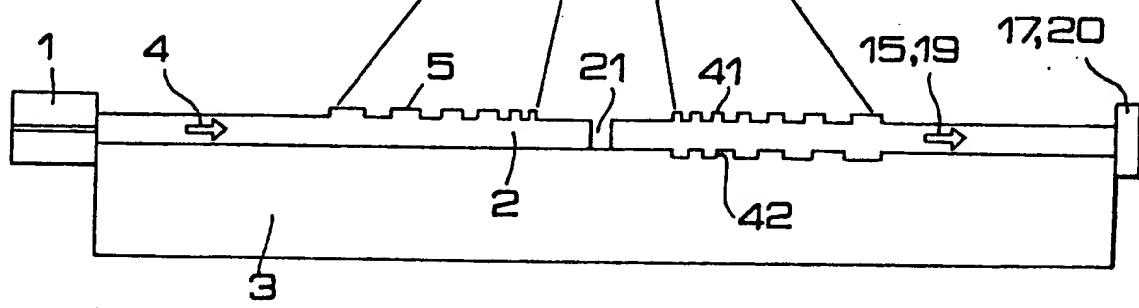


**F I G. 19**

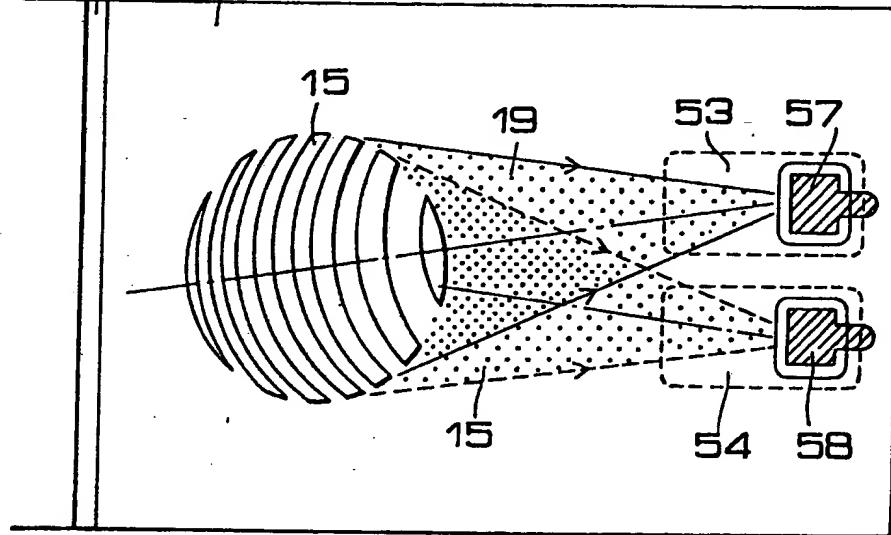




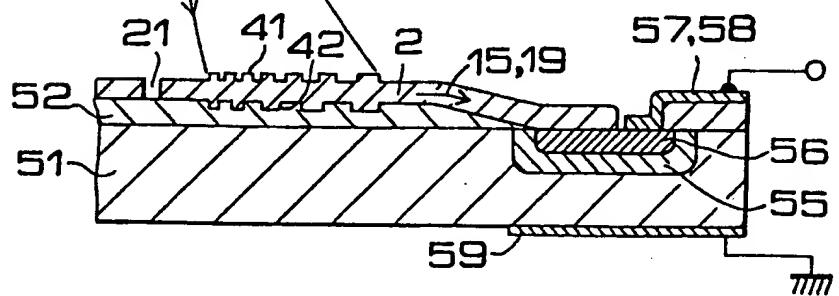
**F I G. 20**



**F I G. 21a**



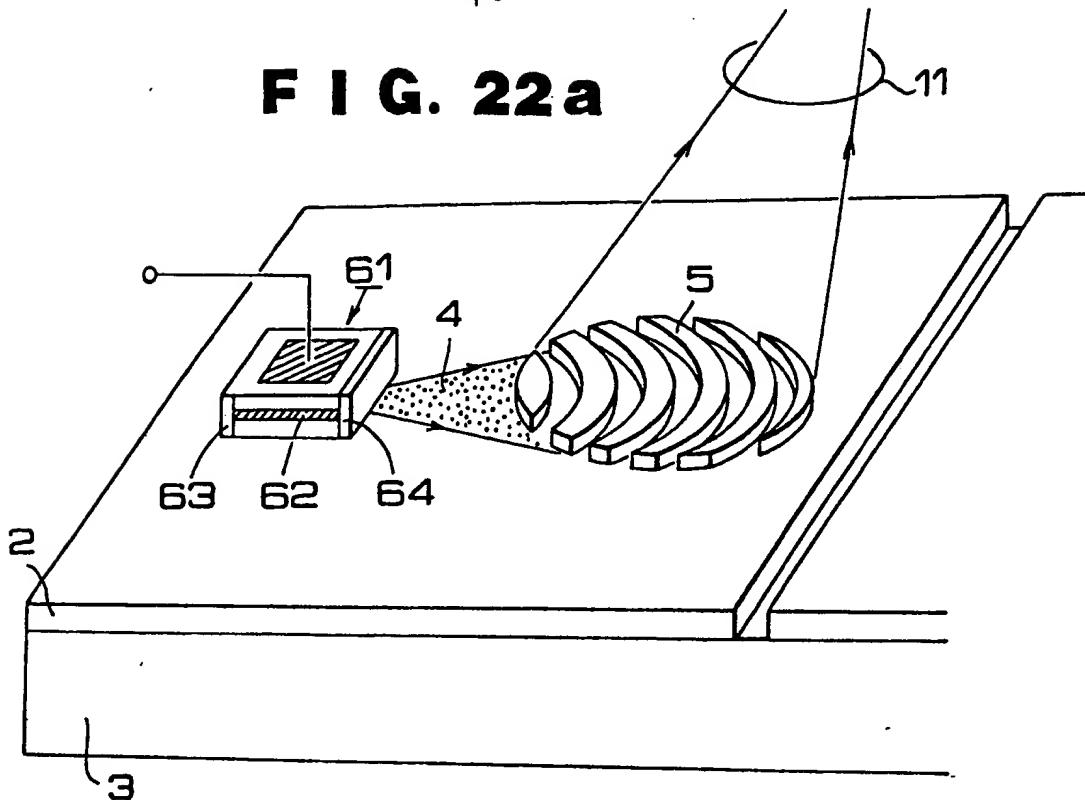
**F I G. 21b**



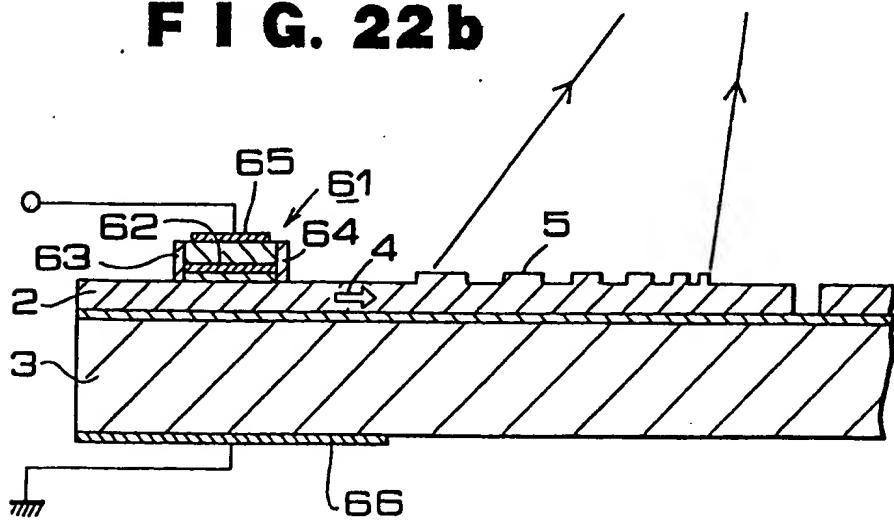
3536497

-46-

**F I G. 22a**



**F I G. 22b**

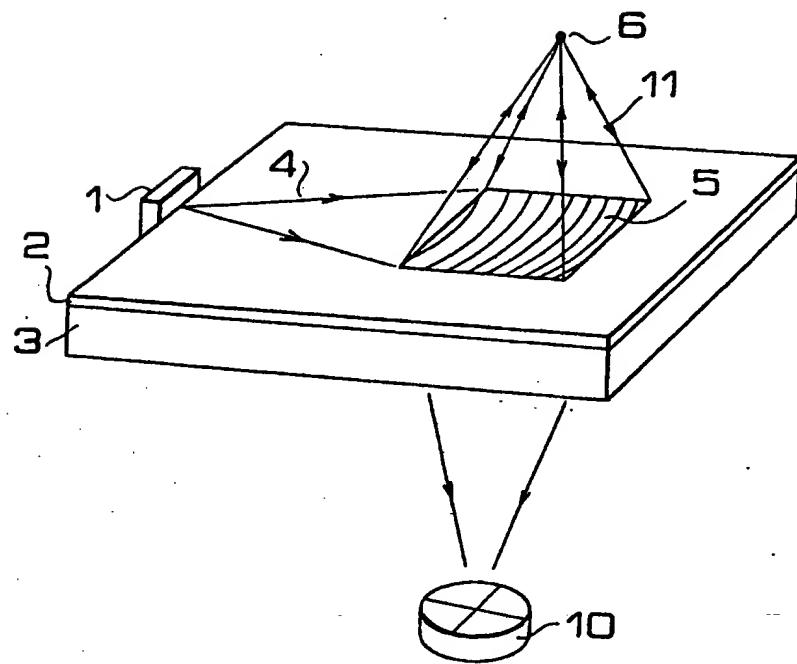


-47-

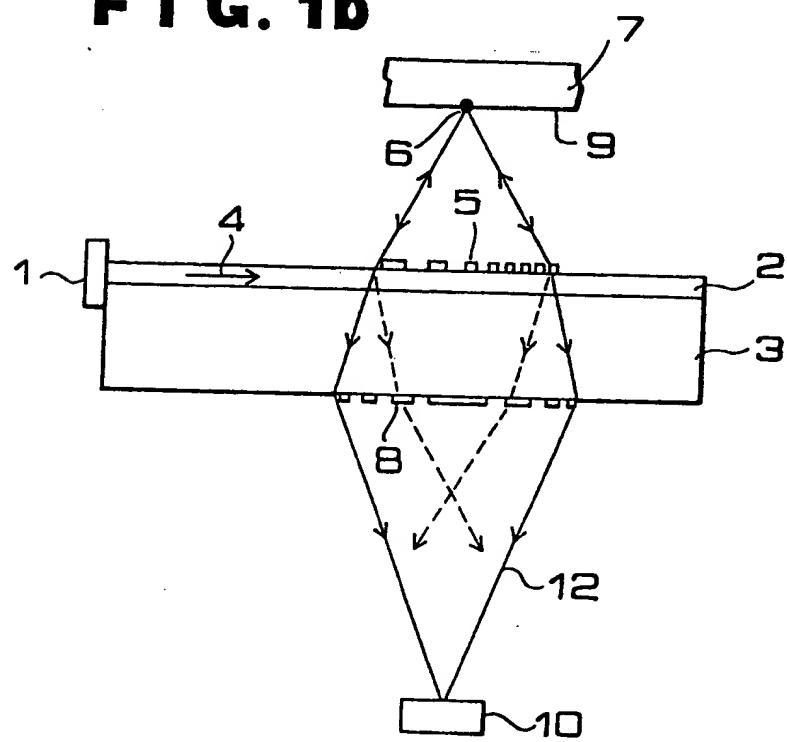
Nummer:  
Int. Cl.<sup>4</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

35 36 497  
G 11 B 7/08  
12. Oktober 1985  
17. April 1986

## FIG. 1a



## FIG. 1b



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**